Cramer

Elemente

der

mathematischen Geographie

für den

Schul- und Selbst-Unterricht.

Von

P. Philipp Kramer,

Prior des Benediktinerstiftes St. Stephan in Augsburg, Professor der Mathematik und Physik am Gymnasium und der Pädagogik am k. Lyceum daselbst.

Mit 26 Holzschnitten im Texte.

Augsburg,
Verlag der Matth. Rieger'schen Buchhandlung.
1857.

Die unbegreiflich hohen Werke
Sind herrlich wie am ersten Tag.

Göthe (Prol. z. F.).

Vorwort.

Schon der ungebildete Mensch wird durch den Anblick des gestirnten Himmels, durch die verschiedenen Erscheinungen an demselben und ihren Einfluß auf unsere Erde, durch die Ordnung und Harmonie, in welcher die Gestirne ihre Bahnen durchwandeln, mit Bewunderung und Staunen erfüllt, und beugt sich vor der Größe und Macht dessen, der all diese Herrlichkeiten geschaffen hat und fortan erhält. Um wie viel mehr muß der Gebildete sich nicht bloß damit begnügen, diese Pracht, die ihm täglich und überall vor das Auge tritt, bewundernd zu schauen, sondern zu dem Bestreben angeeifert werden, tiefer einzudringen in den Zusammenhang der Theile des unendlich großen Weltganzen und ihre wechselseitigen Beziehungen zu einander, d. h. nicht bloß die Folgen und Wirkungen zu sehen, wie das gewöhnliche Auge sie wahrnimmt, sondern mit tieferem Blicke die Gründe, Ursachen und Gesetze der Erscheinungen, soweit es dem Menschengeiste möglich ist, zu erforschen. Insbesondere sollte Niemand, der auf höhere, wissenschaftliche Bildung Anspruch macht, einer umfassendern und gründlichern Kenntniß desjenigen Weltkörpers, an welchen sein irdisches Dasein ge-

knüpft ist, und des Verhältnisses unkundig sein, in welchem derselbe zu den andern Bestandtheilen des Weltganzen steht. Dieses Glied in der Kette der zur allgemeinen höhern Bildung gehörigen Disciplinen füllt das Studium desjenigen Theiles der Astronomie aus, welchen man mathematische Geographie nennt, und deren Grundlehren in dem vorliegenden Werkchen abgehandelt sind.

Bei der Ausarbeitung dieser Elemente, zu der ich mich erst auf mehrseitige Aufforderung hin entschloß, habe ich zwar allerdings zunächst nur diejenigen Schüler des Gymnasiums, für welche die mathematische Geographie von höchster Stelle als ordentlicher Lehrgegenstand vorgeschrieben ist, im Auge gehabt, und insbesondere ihren bereits in der Arithmetik und Geometrie erworbenen Kenntnissen (so viel als thunlich) Rechnung getragen; ich glaube jedoch, daß auch andere, die sich des Büchleins zu ihrer Privatbelehrung bedienen wollen, dasselbe wenigstens mit einigem Nutzen als Leitfaden werden gebrauchen können.

Wieferne ich in der ganzen Anlage des Werkchens (vergl. das nachfolgende Verzeichniß des Inhaltes) und in der Auswahl aus dem gegebenen so reichhaltigen Materiale, sowie in der Art und Faßlichkeit der Darstellung den Ansichten Sachkundiger entsprochen habe, muß ich natürlich ihrem Urtheile anheimgeben. Mein Bestreben war stets dahin gerichtet, in systematischem Zusammenhange und in möglichster Kürze Alles zu berühren und zum klaren Verständnisse zu führen, was mir irgendwie in Hinsicht auf den Gegenstand nothwendig oder nützlich oder doch von belehrendem Interesse zu sein schien; namentlich keinen jener Punkte unbeachtet zu lassen, welche von der obersten Schulbehörde selbst namhaft gemacht worden sind.

Von den Werken, welche bei Bearbeitung dieser Schrift zu Rathe gezogen wurden, sind folgende die wichtigsten: Baumgartner und Muncke, Naturlehre; Merlecker, Kosmogeographie; Raumer, allgemeine Geographie; Mädler und Pontécoulant, populäre Astronomie; Littrow, Wunder des Himmels; Marbach, physikalisches Lexicon und Schulze, Darstellung des Weltsystems.

Die mathematische Begründung einzelner Sätze, bei denen solche nothwendig war, oder sonst als zweckmäßig erachtet wurde, ist durchaus innerhalb der Grenzen der Elementar-Mathematik gehalten, und die in denselben vorkommenden Hinweisungen beziehen sich auf mein (vom k. Staatsministerium für Kultus und Unterricht genehmigtes) Lehrbuch der Elementar-Mathematik.*) Einige trigonometrische Formeln haben in den Noten theils solcher Leser wegen Aufnahme gefunden, welche dieses höchst wichtigen und interessanten Theiles der Mathematik kundig sind, theils zu dem Zwecke, um bei einer spätern Repetition der mathematischen Geographie zugleich eine Wiederholung und Anwendung der Trigonometrie verbinden zu können, nachdem die Schüler vorschriftsmäßig auch in die Grundlehren dieser Wissenschaft eingeführt sind.

In den Noten haben theils historische, theils etymologische, theils kurze biographische Notizen, ferner solche Bemerkungen eine Stelle gefunden, die entweder als nothwendige Ergänzungen des Textes, oder sonst als nützlich oder zur Förderung des Interesses dienlich erschienen. —

*) Elementar-Mathematik für Gymnasien, von P. Philipp Kramer. I. Abth. Arithmetik und Algebra (1851); II. Abth. Planimetrie, Stereometrie und Trigonometrie (2. Aufl. 1855). Augsburg, Rieger'sche Buchhandlung.

So übergebe ich denn der Oeffentlichkeit diesen Abriß einer Wissenschaft, welche, abgesehen von dem hohen Interesse, das sie schon vermöge ihres Objektes für jeden Denkenden haben muß, gewiß als ein vorzügliches Bildungsmittel des jugendlichen Geistes angesehen werden darf, und ganz besonders geeignet ist, das menschliche Herz mit Ehrfurcht und Liebe gegen denjenigen zu erfüllen, von welchem der königliche Psalmensänger ausruft: „Wie groß sind deine Werke, o Herr! Alles hast du mit Weisheit gemacht, die Erde ist voll deiner Güter" (Ps. 103, 24.); ferner „Dein sind die Himmel und dein ist die Erde; den Erdkreis, und was ihn erfüllet, hast du gegründet" (Ps. 88, 12.).

Möge das Büchlein, für dessen treffliche typographische Ausstattung dem Herrn Verleger dankenswertheste Anerkennung gebührt, von Lehrern und Lernenden freundlich aufgenommen werden, und den letztern recht vielen Nutzen gewähren!

Augsburg, am 21. März 1857.

Der Verfasser.

Inhalt.

Einleitung.

II. Kapitel. Gestalt, Eintheilung und Größe der Erde.

III. Kapitel. Die Erde in Bewegung.

IV. Kapitel. Der Mond.

V. Kapitel. Zeitrechnung.

VI. Kapitel. Die Sonne und ihr System.

VII. Kapitel. Die Planeten und Kometen.

VIII. Kapitel. Der Fixsternhimmel.

Einleitung.

§. 1. Begriff der mathematischen Geographie.

Die mathematische (auch astronomische) Geographie ist jene Wissenschaft, welche die Erde als Weltkörper, ihre Gestalt und Größe, die Art und Gesetze ihrer Bewegung nebst den daraus auf ihrer Oberfläche entspringenden Erscheinungen, und ihr Verhältniß zu andern Weltkörpern (namentlich zur Sonne) untersucht.

Anm. Ein besonderer Zweig der mathemat. Geographie ist der Gebrauch und die Verfertigung künstlicher Erd- und Himmelskugeln (Globen) und die Kartographie (oder Mappirungskunst), d. i. die Entwerfung und Herstellung von Landkarten.

§. 2. Welt, Himmel und Erde.

1) Die Gesammtheit alles Erschaffenen, das sich in dem unermeßlichen Raume befindet, in welchem unser Geist vergebens ein Ende erspäht, nennt man Welt (universitas, omnium rerum universitas). In ihr erkennen wir eine schaffende, ordnende, unaussprechlich erhabene, ewige Macht — Gott.[1])

2) Dem bloßen Anscheine nach besteht die Welt aus zwei Haupttheilen a) einem beweglichen Himmel[2]) und b) der ruhenden Erde.

---

1) Die bewundernswerthe Ordnung und Harmonie in der Welt drücken sehr treffend die Benennungen der Griechen und Römer für dieselbe aus, nämlich *κόσμος* und mundus (Zierde, Schmuck).

2) Das Bedeckende (von himen, bedecken). Ebenso bezeichnend sind die Namen coelum (von *κοῖλος*) das Hohle, *οὐρανός* (von *οὖρος* oder *ὅρος*) das Begrenzende; שָׁמַיִם, das Hohe (von שָׁמָה, hoch sein).

§. 3. Anblick des Himmels, Weltall.

1) Der Himmel erscheint uns als eine hohle Halbkugel, in deren Mittelpunkt wir auf Erden stehen, und welche Himmelsgewölbe oder Firmament genannt wird.

2) Am Firmamente erblicken wir die Sonne, den Mond und das zahllose Heer der Sterne, welche den gemeinsamen Namen Gestirne, auch Himmels= oder Weltkörper führen. Der Inbegriff aller Weltkörper heißt das Weltall, auch Weltgebäude oder Universum.

3) Man unterscheidet vier Arten von Weltkörpern:

a) Fixsterne (bei weitem die größte Anzahl ausmachend), welche mit eigenem, funkelndem Lichte leuchten, und ihre Stellung gegen einander gar nicht, oder nur unmerklich ändern;

b) Planeten oder Wandelsterne, welche mit matterm, ruhigem Lichte glänzen, ihren Stand gegen die Fixsterne und unter sich verändern, und stets nur in einer bestimmten Gegend des Himmels sich zeigen;

c) Neben= oder Coplaneten (auch Satelliten oder Trabanten), gewöhnlich Monde genannt, welche mit einem Planeten in Verbindung stehen, und sich um denselben bewegen;

d) Kometen, Haar= oder Schweifsterne, welche mehr oder weniger von einem Lichtnebel umgeben sind, der sich meist in einen Schweif von oft sehr beträchtlicher Länge ausbreitet, eine eigenthümliche Bewegung haben und nur eine Zeit lang sichtbar sind.

Anm. Nach dem bloßen Sinnenurtheile sind Sonne und Mond die größten Körper des Firmamentes, die Erde aber der wichtigste Theil des Universums.

§. 4. Anblick der Erde, Horizont.

1) Die Erde stellt sich dem Beobachter an ihrer Oberfläche bei ungehinderter Aussicht als eine große, fast ebene Fläche dar, die sich nach allen Richtungen hin gleichweit ausbreitet, also an ihren Grenzen einen Kreis bildet, in dessen Mittelpunkt sich der Beobachter befindet.

2) Jene kreisförmige Grenze, auf welcher das Himmelsgewölbe zu ruhen scheint, heißt der Gesichtskreis oder der (natürliche)

Horizont.[1]) Der vom Horizont begrenzte, sichtbare Theil der Erdfläche wird Gesichts- oder Horizontalfläche genannt.

§. 5. Scheinbare und wahre Größe und Entfernung.

1) Denkt man sich vom Auge eines Beobachters gerade Linien (die Gesichtslinien) nach den Endpunkten eines Gegenstandes (Objektes) gezogen, so heißt der von ihnen eingeschlossene Winkel der Gesichtswinkel oder die scheinbare Größe des Gegenstandes, die wahre Länge der Geraden zwischen jenen Endpunkten dagegen in Bezug auf ein bestimmtes Längenmaß die wahre Größe des Objektes.

2) Die Länge der geraden Linie zwischen einem Beobachter und dem Orte, an welchem ein Objekt sich zu befinden scheint, wird die scheinbare, dagegen die Gerade zwischen den wirklichen (wahren) Orten des Beobachters und Objektes die wahre Entfernung des letztern vom erstern genannt.

3) Die Entfernung (E) eines Himmelskörpers, seine wahre Größe (G) und seine scheinbare (w), in Sekunden ausgedrückt, bedingen sich gegenseitig (annähernd) durch die Proportion:

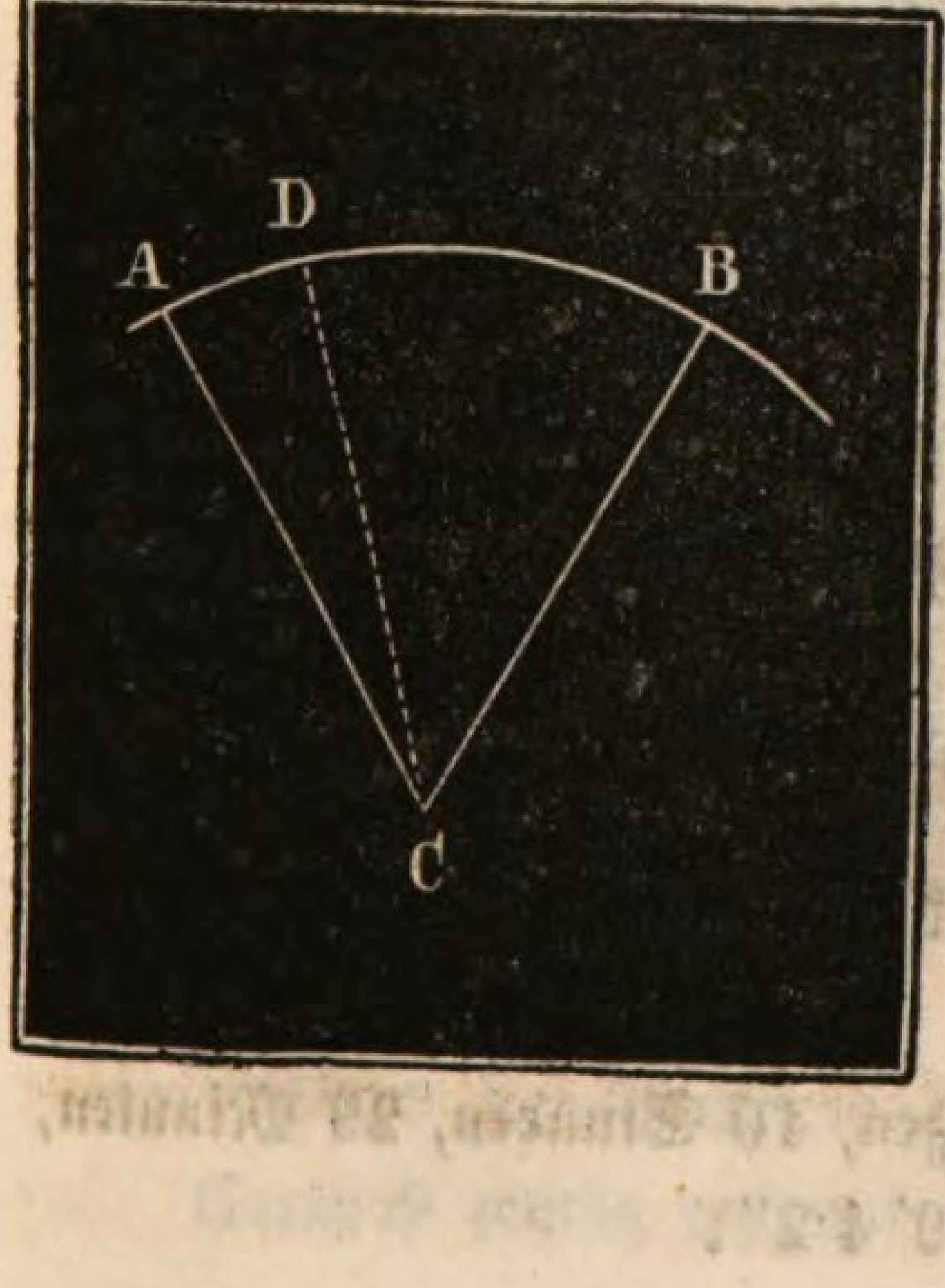
$$E \div G = 206264{\cdot}8 \div w\,.$$ [2])

1) Von ὁρίζειν, begrenzen. Der Ausdruck ὁρίζων ist zuerst von Euklides (dem Vater der Mathematik, 280 v. Chr.) gebraucht. Die Römer nannten ihn finiens oder finitor.

2) Es ist nämlich aus geometrischen Gründen (Fig. 1.):

$$\text{arc } AB \div \text{arc } AD = \measuredangle ACB \div \measuredangle ACD$$ (Geom. §. 228.).

(Fig. 1.)



Ist nun die Länge des Bogens $AB = AC = E$, so ist $\measuredangle ACB = 206264{\cdot}8''$ (Geom. §. 255.), d. h. ist ein Objekt AB so groß als sein Abstand von einem bestimmten Punkte, so erscheint es unter einem Winkel von $57^0 17' 44{\cdot}8'' = 206264{\cdot}8''$. Setzt man nun die wahre Größe des Bogens (Objektes) $AD = G$, und seine scheinbare $\measuredangle ACD = w$; so hat man

$$E \div G = 206264{\cdot}8'' \div w''.$$

(Das Resultat wird um so genauer, je kleiner G oder w ist.).

I. Kapitel. Allgemeine Bewegung und mathematische Eintheilung des Himmels.

§. 6. Tägliche Bewegung der Gestirne, Tag und Nacht.

1) Die Sonne, sowie auch der Mond und die meisten übrigen Gestirne haben eine gemeinschaftliche Bewegung (motus communis). Sie treten regelmäßig in bestimmten Zwischenräumen über den Horizont (gehen auf), verweilen eine Zeit lang, am Himmel in einem Bogen fortschreitend, über demselben, bis sie auf der entgegengesetzten Seite des Horizonts wieder verschwinden (untergehen).

2) Der Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden Auf- oder Untergängen der Sonne wird ein (künstlicher) Tag genannt. Man theilt den Tag in 24 gleiche Theile, von denen jeder eine Stunde heißt. Die Stunde wird wieder in 60 Minuten, jede Minute in 60 Sekunden eingetheilt. [1])

Da die gemeinschaftliche Bewegung der Gestirne nach jedem Tage sich wiederholt, so wird sie gewöhnlich die tägliche Bewegung (motus diurnus) genannt.

3) Der Tag zerfällt in die beiden Hauptabschnitte: Tag (im engern Sinne) und Nacht. Ersterer ist die Zeit, während welcher die Sonne über dem Horizont eines Ortes verweilt (von Aufgang bis Untergang), letztere jener Zeitraum, in welchem die Sonne unsichtbar ist. Die Mitte des (natürlichen) Tages wird Mittag (meridies), ebenso die Mitte der Nacht Mitternacht (media nox) genannt.

§. 7. Himmelsgegenden.

In Hinsicht auf den Auf- und Untergang der Gestirne unterscheidet man vier Hauptgegenden des Horizonts, welche man Himmelsgegenden nennt:

1) die Morgen- oder Ostgegend (oriens), in welcher die Sonne sich täglich über den Horizont erhebt,

---

1) In der Folge ist ein Zeitraum von z. B. 30 Tagen, 10 Stunden, 29 Minuten, 4·2 Sekunden kurz bezeichnet durch $30^t\, 10^h\, 29'\, 4{\cdot}2''$.

2) die **Mittags-** oder **Südgegend** (meridies), in der sie zur Mittagszeit über dem Horizont gesehen wird,

3) die **Abend-** oder **Westgegend** (occidens), in welcher sie täglich untergeht, und

4) die **Mitternachts-** oder **Nordgegend** (septentrio), der Südgegend diametral gegenüber in der Mitte zwischen Ost und Westen.

Anm. Wind- oder Schiffsrose, Compas.[1])

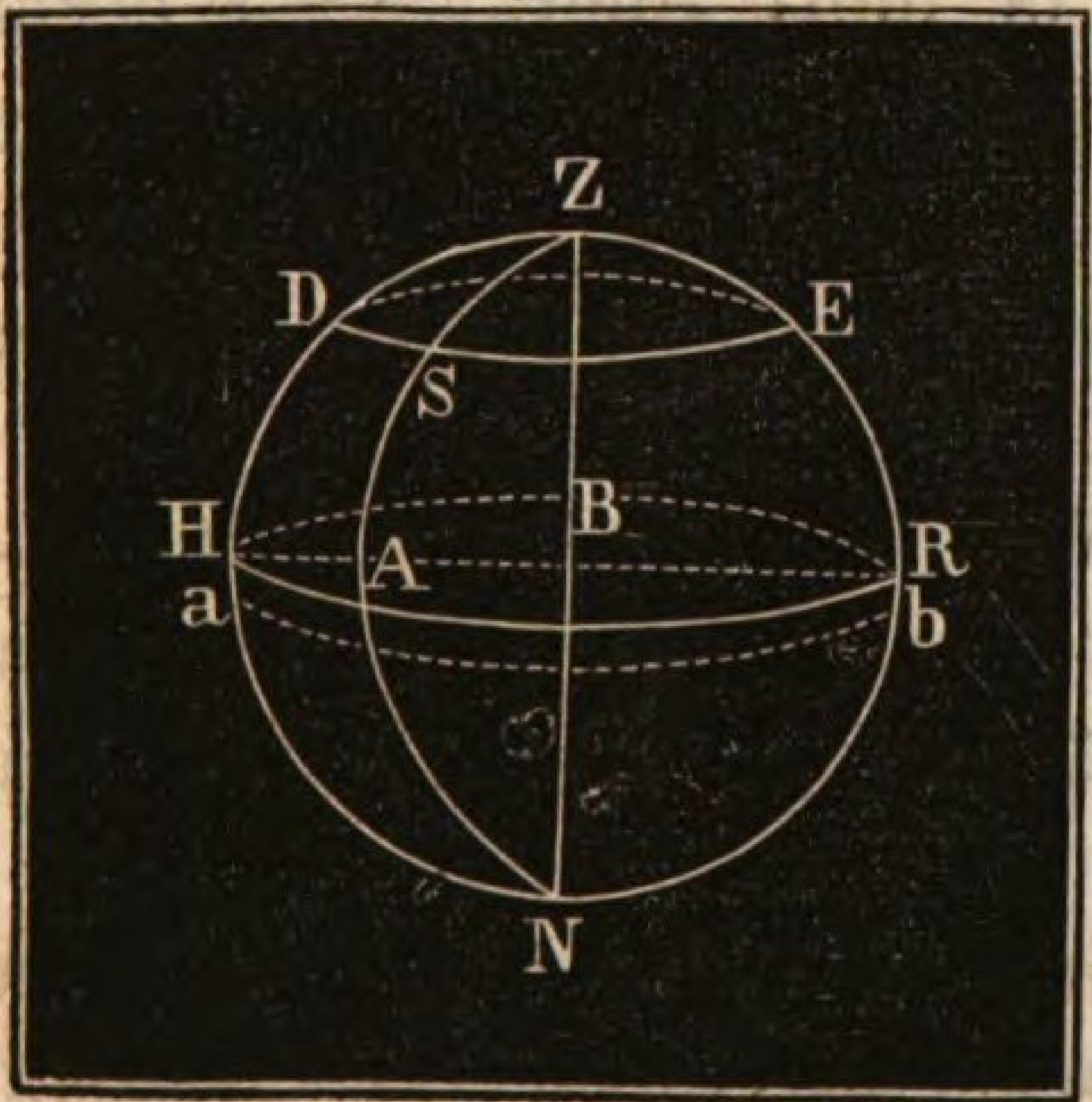
§. 8. Himmelskugel, Tageskreise.

1) Die Regelmäßigkeit in der täglichen Bewegung der Gestirne führt (nebst andern Umständen) von selbst auf den Gedanken, daß sie nach ihrem Untergange ihre Bewegung auf ähnliche Art fortsetzen, also ganze Kreise beschreiben, daß also der Himmel als ein ganzes, die Erdfläche allerseits umgebendes Kugelgewölbe zu denken sei, welches **Himmelskugel** oder **Himmelssphäre** genannt, und durch die Horizontalfläche halbirt oder in zwei **Hemisphären**, die **sichtbare** und **unsichtbare**, getheilt wird.

2) Derjenige Kreis, welchen ein Gestirn täglich am Himmel beschreibt, wird dessen **Tageskreis** genannt; und zwar heißt jener Theil desselben, welcher über dem Horizont eines Beobachters beschrieben wird, der **Tagebogen**, der in der unsichtbaren Hemisphäre beschriebene der **Nachtbogen** des Gestirns.

§. 9. Kreissystem des Horizonts.

(Fig. 2.)



1) Denkt man sich (Fig. 2.) durch den Standpunkt (B) eines Beobachters eine auf die Horizontalfläche senkrechte Linie (ZN) gezogen, so trifft dieselbe das Himmelsgewölbe in zwei Punkten, welche die **Pole des Horizonts** heißen, und insbesondere der über dem Haupte des Beobachters das **Zenith** oder der **Scheitelpunkt**, der andere, welcher in der unsichtbaren Halbkugel liegt, das **Nadir**

1) Erfinder der Windrose soll Timosthenes (250 v. Chr.) gewesen sein. Der Compaß wurde erst um 1300 n. Chr. in Europa bekannt.

oder der **Fußpunkt**. Die gerade Linie (ZN) selbst zwischen Zenith und Nadir nennt man **Vertikal-** oder **Scheitellinie**,[1] auch **Achse des Horizonts**.

2) Kreise am Himmelsgewölbe, die durch das Zenith und Nadir eines Beobachters, oder senkrecht von Zenith auf den Horizont gezogen werden, heißen **Vertikal-** oder **Scheitelkreise** (z. B. ZAN). Bei einem Scheitelkreise kommt jedoch nur jenes Stück in Betracht, welches zwischen Zenith und Horizont liegt (also ZA).

3) Wird durch ein Gestirn (S) ein Vertikalkreis (ZA) gezogen, so heißt jener Bogen desselben, welcher zwischen dem Gestirn und Horizont liegt (AS), die **Höhe**, der andere zwischen dem Gestirn und Zenith (SZ) der **Zenithabstand** oder die **Zenithdistanz** des Gestirns. Höhe und Zenithabstand eines Gestirns ergänzen sich stets zu 90⁰, sind also complementär.[2]

4) Kreise, die zum Horizont parallel am Himmel gedacht werden (z. B. DE), nennt man **Höhenkreise** oder **Almukantarat**; insbesondere wird jener, welcher sich 18⁰ unter dem Horizont befindet (ab), der **Dämmerungskreis** genannt, weil, wenn die Sonne denselben am Morgen erreicht, die (astronomische) Morgendämmerung beginnt, und wenn sie am Abend unter denselben tritt, die Abenddämmerung aufhört.[3]

§. 10. Refraktion.

1) Jeder von einem Himmelskörper ausgehende Lichtstrahl gelangt durch die atmosphärische Luft in unser Auge. Diese besitzt aber, wie jede andere durchsichtige Materie, die Eigenschaft, die

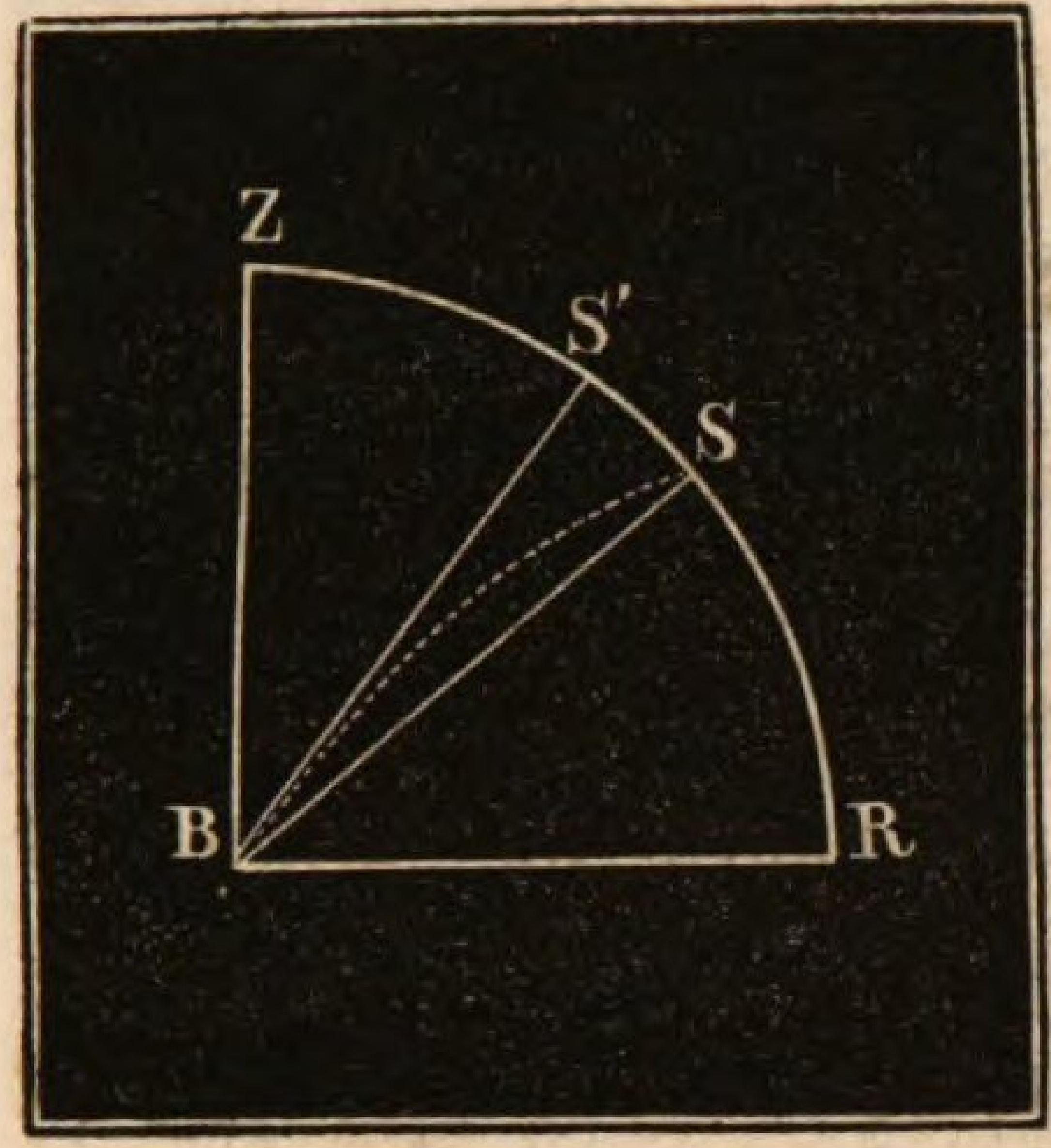
---

1) Man nennt sie auch **Falllinie**, weil ein freigelassener schwerer Körper in der Richtung derselben zur Erde fällt.

2) Jeder Kreis wird in 360⁰ eingetheilt (Geom. §. 56). Da nun die Vertikallinie BZ $\perp$ HR, also $\measuredangle$ HBZ $=$ R $=$ ZBR ist, so ist der Bogen ZH $= 90^0 =$ ZR (Geom. §. 59). Dasselbe gilt in Hinsicht auf jeden beliebigen Vertikalkreis (z. B. AZ).

3) Beim Beginne der **astronom.** Morgendämmerung fangen die kleinsten Sterne an zu verschwinden; ebenso werden dieselben erst nach beendigter Abenddämmerung sichtbar. Die **bürgerl.** Morgendämmerung beginnt mit dem deutlichen Erkennen der Gegenstände, welches eintritt, wenn die Sonne noch 6⁰ 23·5′ unter dem Horizont ist.

(Fig. 3.)



Lichtstrahlen von der geraden Richtung BS (Fig. 3.) abzulenken, und uns dieselben in einer gegen die Horizontalfläche (BR) gekrümmten Linie zuzuführen. Dadurch wird ein Gestirn mehr oder weniger gegen das Zenith erhöht, indem das Auge den Stern nach der letzten Richtung (Tangente) jener Curve (nämlich BS′) sieht. Man nennt diese Ablenkung von der geraden Richtung die Strahlenbrechung oder Refraktion. Sie ist im Horizont am größten, im Zenith = 0.

2) In Folge der Strahlenbrechung sieht man ein Gestirn höher, als es wirklich steht; man hat daher zwischen wahrer und scheinbarer Höhe zu unterscheiden. Letztere (RS′) gibt um die Refraktion (SS′ oder ∡ S′BS) vermindert die wahre Höhe (RS). Ebenso ist die scheinbare Zenithdistanz kleiner als die wahre. Die Refraktion ist sonach für eine beobachtete Höhe negativ, für eine beobachtete Zenithdistanz positiv. 1)

Zus. Zu den Wirkungen der Refraktion gehören besonders folgende zwei Erscheinungen:

a) die Beschleunigung des Auf- und die Verzögerung des Unterganges der Gestirne, da die Refraktion die wahre Höhe vergrößert;

b) die ovale (länglichtrunde) Form, in welcher Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange erscheinen, indem der untere

---

1) Man findet die Refraktion (ϱ) in Sekunden für eine beobachtete (scheinbare) Höhe (h) mittelst folgender zwei Gleichungen, in welchen x einen Hilfswinkel bezeichnet, der zuerst aus der Gleichung 1) zu bestimmen ist:

$$1)\quad \operatorname{tg} x = \frac{\sqrt{0{\cdot}004}}{\sin h} = \frac{0{\cdot}063244}{\sin h},$$

$$2)\quad \varrho = \frac{120{\cdot}2}{\sqrt{0{\cdot}004}} \cdot \cos h \cdot \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} x = 1900{\cdot}6 \cdot \cos h \cdot \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} x.$$

Rand mehr als der etwa einen halben Grad höher sich befindende obere gehoben wird.

§. 11. Cardinalpunkte, Meridian, Culmination.

1) Die Sonne (sowie auch jedes andere Gestirn) erreicht stets nach derselben Richtung der Südgegend die größte Höhe über dem Horizont, und jener Punkt des letztern, der in dieser Richtung liegt, wird der Südpunkt genannt. Vom Südpunkte 90° gegen Ost und West sind der Ostpunkt und Westpunkt, und zwischen diesen gegen Norden, von jedem 90° entfernt, also dem Südpunkte diametral gegenüber, der Nordpunkt. Diese vier Punkte des Horizonts werden Cardinalpunkte desselben, oder Hauptthimmels- oder Weltgegenden genannt.

2) Derjenige Vertikalkreis, welcher durch den Südpunkt eines Beobachters geht, heißt der Meridian oder Mittagskreis desselben, indem er Mittag hat, wenn die Sonne auf ihrem Tagebogen in diesen Kreis tritt.

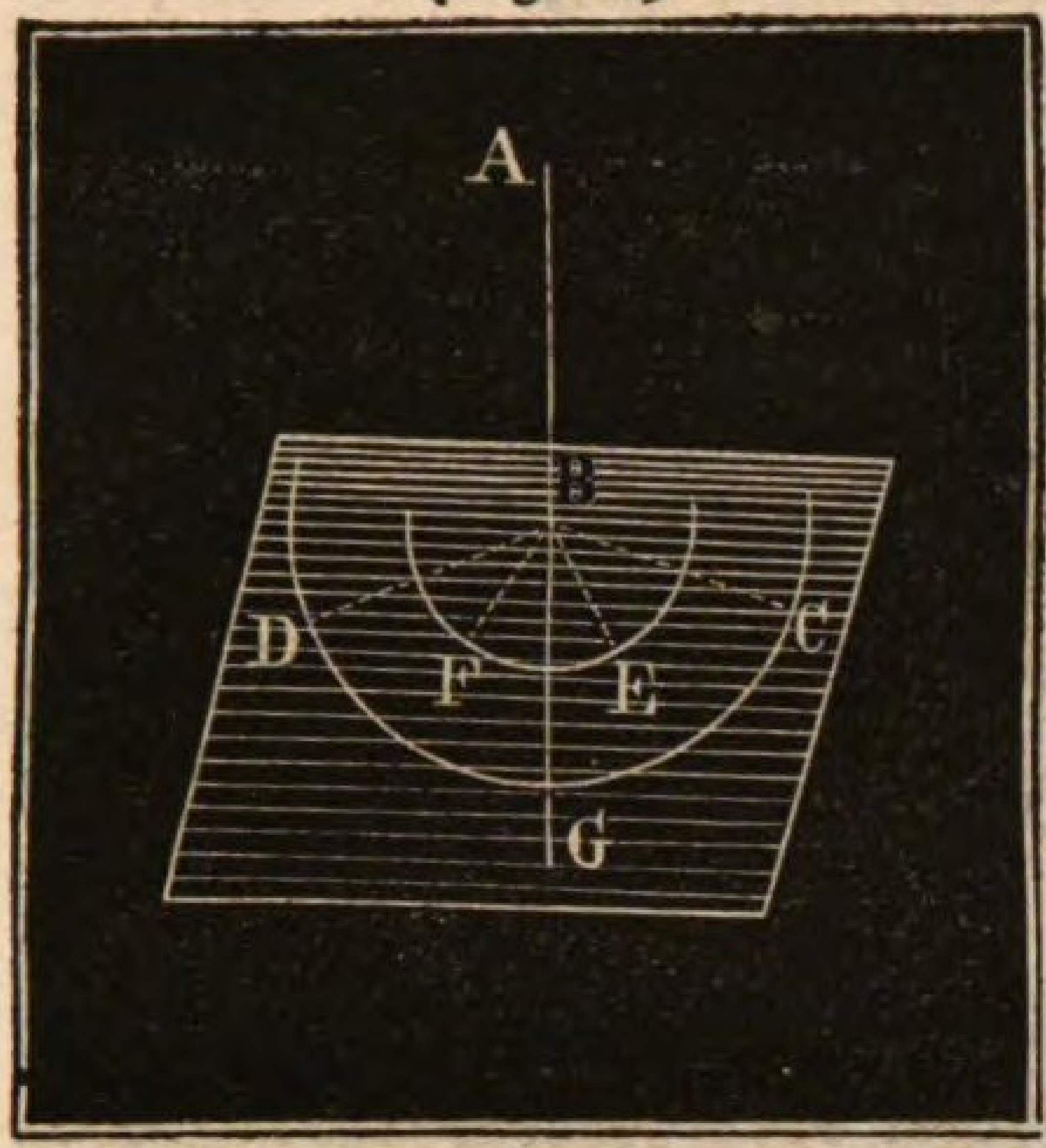
3) Der Meridian theilt die Himmelskugel in eine östliche und westliche Hälfte, halbirt die Tageskreise aller Gestirne, und jedes hat, wenn es denselben erreicht, seine größte Höhe. Man nennt daher den Augenblick des Eintrittes eines Gestirns in den Meridian eines Ortes, die Culmination des Gestirns, oder sagt, es culminire in diesem Momente.

§. 12. Mittagslinie, ihre Construktion.

1) Die gerade Linie zwischen dem Süd- und Nordpunkte (durch den Standpunkt) eines Beobachters, oder der Durchschnitt der Meridian- und Horizontalfläche heißt die Mittagslinie.

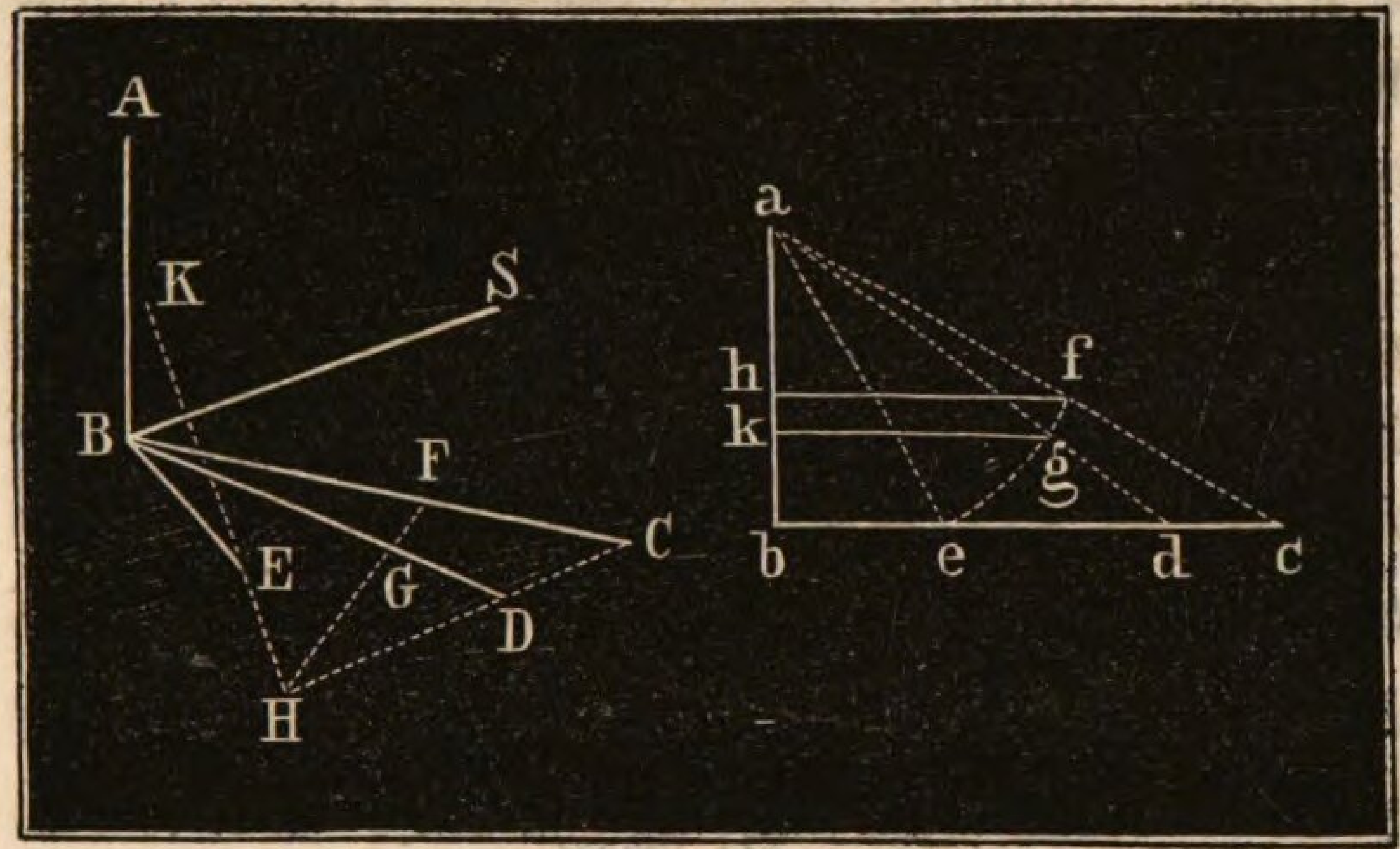
2) Um die Mittagslinie (zwar nicht mit mathematischer, jedoch mit einer für bürgerliche Zwecke immerhin genügenden Genauigkeit) zu ziehen, bedient man sich des Schattens, den ein auf eine horizontale Ebene (eine Steinplatte oder ein Brett) senkrecht aufgestellter Stift zu verschiedenen Zeiten, aber an demselben Tage wirft. Man kann hiezu a) zwei gleiche oder b) drei ungleiche Schattenlängen benützen.

(Fig. 4.)



a) Man beschreibe (Fig. 4.) aus dem Standpunkte B des Stiftes einen Kreis (zur größern Genauigkeit kann man mehrere nehmen), und bemerke vor und nach Mittag die Punkte C und D (oder auch noch E und F), welche das Ende des Schattens im Umfange des Kreises angibt, und halbire den Bogen CD oder ∡ CBD durch die Gerade BG, so bezeichnet diese die Lage der Mittagsfläche.

b) Man bemerke sich (Fig. 5.) auf der Horizontalfläche die drei von dem Stifte AB geworfenen Schattenlängen BC, BD u. BE; verzeichne sodann in einer Ebene einen rechten Winkel, nehme auf den Schenkeln desselben ba = BA, bc = BC, bd = BD, be = BE, und ziehe ac, ad und ae. Hierauf beschreibe man aus a mit ae einen Bogen, der ac in f, und ad in g schneidet, und ziehe fh und gk parallel zu bc. Sodann mache man BF = fh, BG = gk, ziehe die Linien CD und FG, welche sich, verlängert, in H schneiden; so hat die durch H und E gezogene Gerade HK die Richtung vom Ost- zum Westpunkte, mithin ist die auf HK senkrecht gezogene Linie BS die Mittagslinie. [1])



§. 13. Morgen- und Abendweite, Azimuth.

1) Der Bogen des Horizonts zwischen dem (wahren) Ostpunkte und dem Aufgangspunkte eines Gestirns heißt dessen Morgenweite (amplitudo ortiva), jener zwischen dem West- und Untergangspunkte

1) Der auf stereometrischen Gründen beruhende Beweis hiefür findet sich in „Berghaus, Grundriß der Geographie. Breslau 1843."

des Gestirns dessen Abendweite (amplitudo occidua). Beide sind entweder nördlich oder südlich.

2) Jener (sphärische) Winkel, welchen der Vertikalkreis (AZ, Fig. 2. Pag. 5.) eines Gestirns (S) und der Meridian eines Beobachters (ZDH) am Zenith einschließen (also HZA), wird das Azimuth des Gestirns genannt. Dasselbe wird durch den zwischen beiden Kreisen liegenden Bogen des Horizonts (HA) gemessen, und ist, vom Südpunkte an am Horizont von 0° bis 180° gezählt, entweder östlich oder westlich.

§. 14. Achse, Pole und Aequator des Himmels.

1) Bei seiner täglichen Bewegung scheint sich das ganze Himmelsgewölbe mit all seinen Gestirnen um eine gerade Linie wie um eine Achse zu drehen, welche daher die Weltachse genannt wird.

2) Bei dieser allgemeinen Bewegung bleiben nur zwei Punkte des Himmels, die Endpunkte der Weltachse, in Ruhe, und bilden gleichsam die Angeln der Umdrehung. Diese Punkte heißen die Weltpole,[1]) und zwar der eine von ihnen, welcher sich über unserm Horizont befindet, der arktische oder Nordpol, der andere, welcher unter unserm Horizont ist, der antarktische oder Südpol.[2])

---

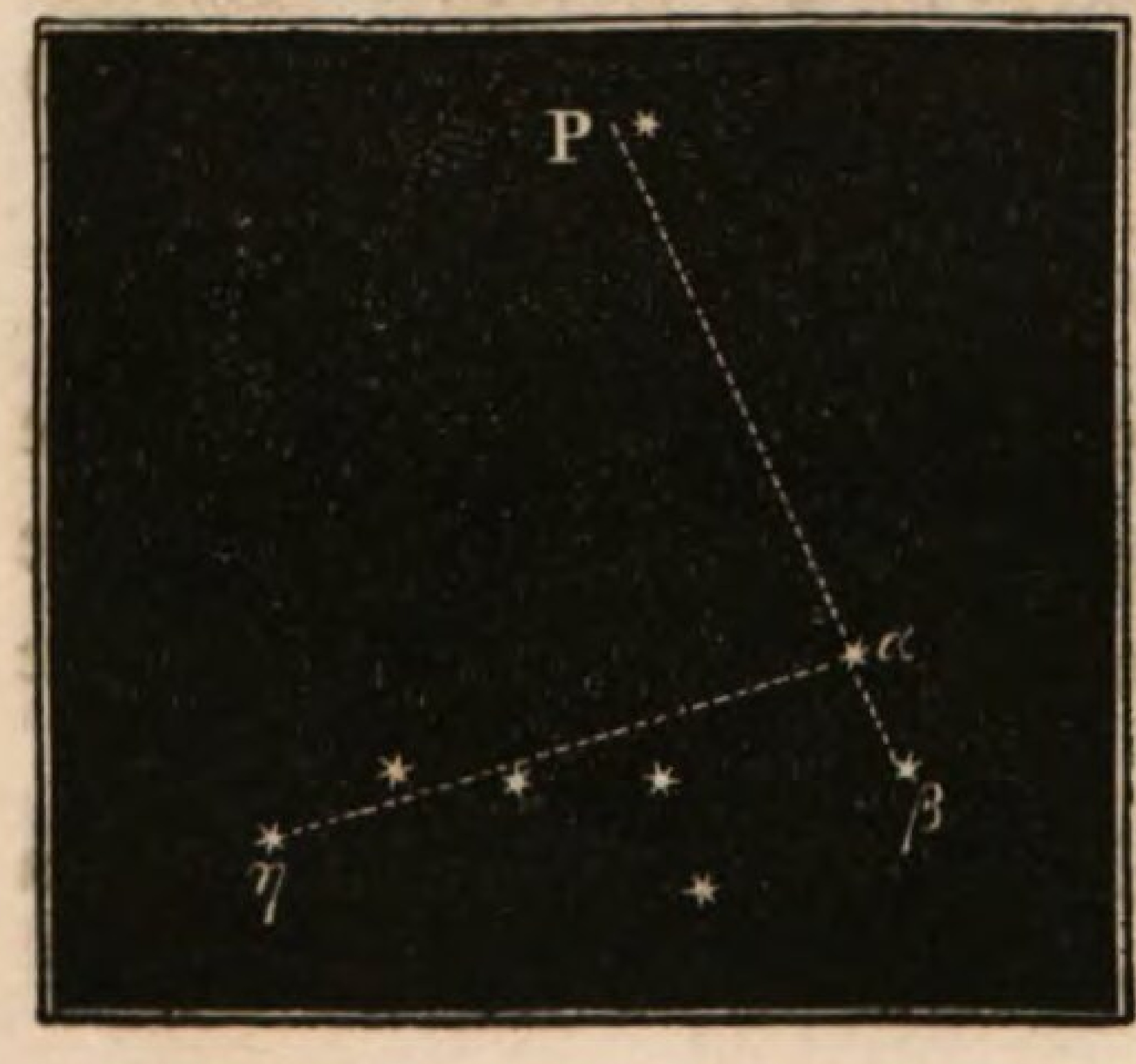
1) Von πολεῖν, drehen, umdrehen; πόλος, die Angel.

2) Von den beiden Polen sagt Virgil (Georg. I., 242.):

Hic vertex nobis semper sublimis; at *illum* (Südpol)
Sub pedibus styx atra videt, manesque profundi.

Die Lage des Nordpols ist mittelst eines Sterns, der sich ganz in dessen Nähe befindet (1° 27′), und deßhalb Polarstern genannt wird, leicht zu finden.

(Fig. 6.)

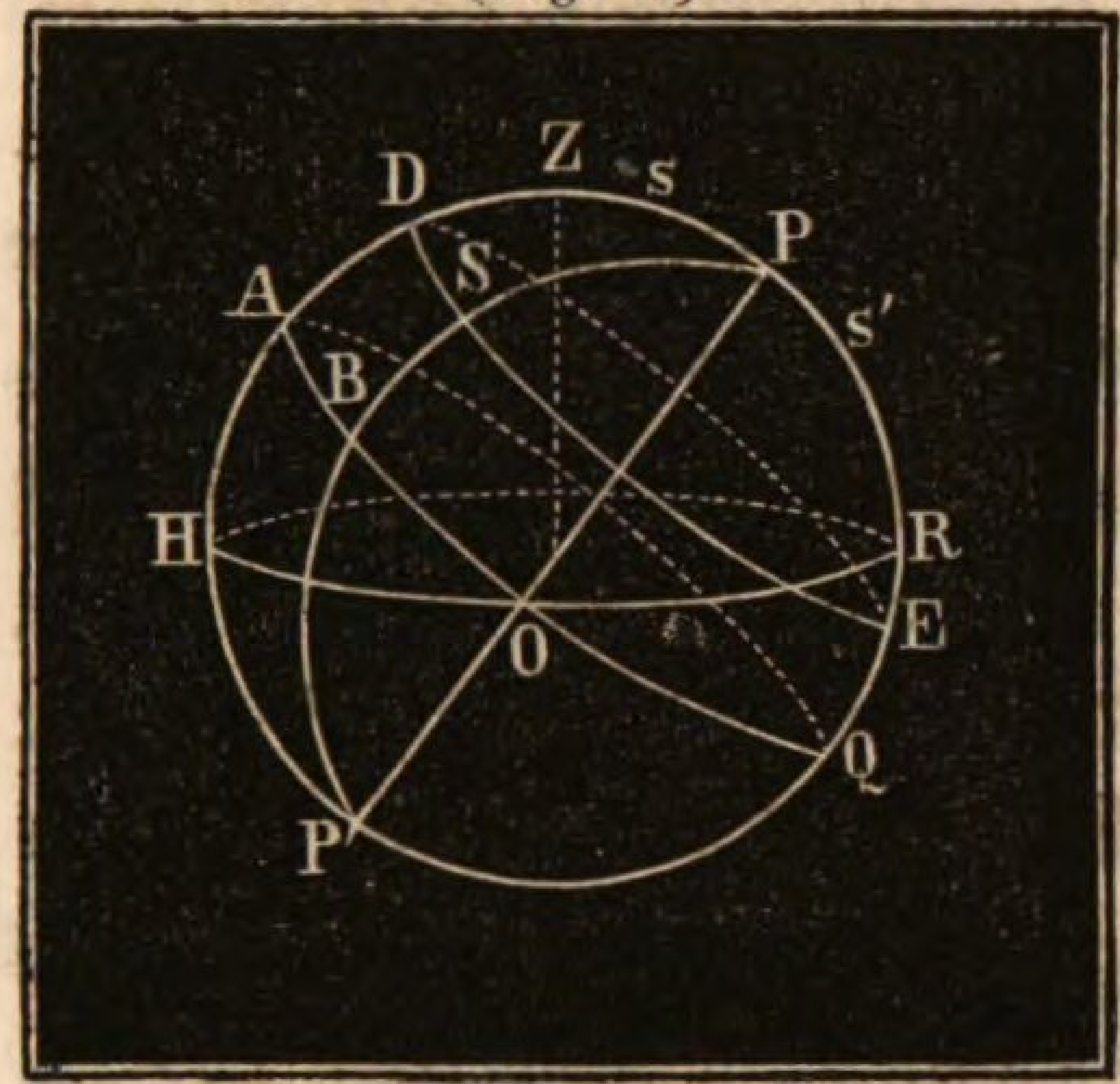


Allgemein bekannt ist eine Verbindung von 7 hellen Sternen (Fig. 6.), welche der große Wagen (oder der große Bär, ἄρκτος) genannt wird. Zieht man durch die Hinterräder α und β eine Gerade von solcher Länge, daß ungefähr $\alpha P = \alpha\eta = 5 . \alpha\beta$ wird; so trifft sie den hellen Stern P einer ähnlichen Verbindung (der kleine Bär), und dieser ist der Polarstern, an welchem ohne Fernrohr gar keine Bewegung wahrzunehmen ist.

3) Von den Weltpolen überall gleichweit entfernt, nämlich von jedem 90°, denkt man sich einen größten Kreis der Himmelskugel, welche der Himmels-Aequator [1]) genannt wird, weil er dieselbe in zwei gleiche Theile, die nördliche und südliche Hemisphäre theilt. Ein Gestirn, welches sich in diesem Kreise befindet, geht im Ostpunkte auf, im Westpunkte unter.

§. 15. Kreissystem des Aequators, Circumpolarsterne.

(Fig. 7.)



1) Kreise, die man sich (Fig. 7.) am Himmel parallel zum Aequator gezogen denkt (z. B. DE), werden Parallelkreise genannt. In einem solchen Kreise bewegt sich jedes Gestirn bei der täglichen Umwälzung des Himmels.

2) Diejenigen Kreise, welche man sich durch die Weltpole (P und P') gehend denkt (z. B. PBP'), welche also auf dem Aequator (AQ) senkrecht stehen, nennt man Stunden- oder Deklinationskreise, und den Winkel, welchen ein Stundenkreis mit dem Meridian eines Beobachters am Weltpole einschließt (z. B. ∡ APB), den Stundenwinkel. Dieser wird durch den zwischen beiden Kreisen liegenden Bogen des Aequators (AB) gemessen.

3) Jener Bogen eines Deklinationskreises, der zwischen einem Gestirn (S), und dem Aequator liegt (also BS), heißt die Deklination oder Abweichung des Gestirns, dagegen der andere Bogen (SP) zwischen dem Gestirn und dem Weltpole dessen Poldistanz oder Abstand vom Pole.

Deklination und Poldistanz eines Punktes am Himmel ergänzen sich zu 90°; ferner wird erstere vom Aequator aus bestimmt, und als nördliche positiv (+), als südliche negativ (—) genannt.

4) Das Bogenstück des Meridians eines Beobachters zwischen einem Pol und dem Horizont (PR) wird die Polhöhe, jenes zwischen dem Horizont und dem Aequator (AH) die Aequatorhöhe genannt.

---

1) Pythagoras nannte ihn ἰσημερινός, Taggleicher.

5) Diejenigen Sterne, deren Poldistanz kleiner ist als die Polhöhe eines Beobachters, gehen für den letztern nicht unter, sondern beschreiben volle Tageskreise über seinem Horizont; man nennt sie deßhalb **Circumpolarsterne**. Diese gehen täglich zweimal durch den Meridian, und haben in ihm entweder ihre größte oder ihre kleinste Höhe. Ersteren Meridiandurchgang nennt man ihre **obere**, letztere ihre **untere Culmination**. 1)

§. 16. Bestimmung der Pol= und Aequatorhöhe.

1) Die Polhöhe eines Beobachters ist gleich dem arithmetischen Mittel (der halben Summe) der Höhen eines Circumpolarsterns in den Augenblicken seiner obern und untern Culmination.

Denn ist HR (Fig. 7.) der Horizont, AQ der Aequator, Z das Zenith, P der Nordpol, HAZPR der Meridian, s und s' ein Stern zur Zeit seiner obern und untern Culmination, also $Ps = Ps'$ seine Poldistanz; so hat man für die Polhöhe des Beobachters

$$PR = Rs - Ps\text{, ebenso}$$
$$PR = Rs' + Ps'\text{; also}$$
$$\overline{\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad}$$
$$2.PR = Rs + Rs'\text{, und daher}$$
$$PR = \tfrac{1}{2}(Rs + Rs').$$

2) Die Aequatorhöhe (AH) ist das Complement der Polhöhe (d. i. beide ergänzen sich zu 90^0).

Weil der Horizont die Himmelssphäre, also auch alle Scheitelkreise halbirt, so ist

$$\text{arc } AH + AZP + PR = 180^0\text{; aber}$$
$$\text{arc } AZP = 90^0\ (\text{§. 14, 3.})\text{; folglich}$$
$$\overline{\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad}$$
$$AH + PR = 90^0.$$

Ist also z. B. die Polhöhe eines Ortes (Augsburg) $48^0 22' 32''$, so ist seine Aequatorhöhe $90^0 - 48^0 22' 32'' = 41^0 37' 28''$.

---

1) Für einen bestimmten Beobachter lassen sich alle Sterne hinsichtlich ihres Auf= und Unterganges überhaupt in drei Klassen theilen, a) solche, welche nie untergehen, b) solche, die nie aufgehen, und c) solche, welche täglich auf= und untergehen.

§. 17. Eigene Bewegung der Sonne, Jahr.

1) Beobachtet man die Sonne nur einige Zeit lang etwas aufmerksam, so zeigt sich, daß dieselbe nebst der allgemeinen Bewegung noch eine eigene, jener entgegengesetzte habe. Ihre Auf- und Untergangspunkte ändern sich täglich, ebenso ihre Tagebögen und ihre Culminationshöhe, überdieß entfernt sie sich täglich von den Fixsternen, bei welchen sie stand, weiter gegen Osten, bis sie nach ungefähr 365 Tagen wieder mit ihnen zusammenkommt, und dieselben Erscheinungen sich wiederholen.

2) Diese besondere Bewegung der Sonne um die Erde von West gegen Ost wird ihre **jährliche**, und der Zeitraum von ungefähr 365 Tagen, in welchem der Umlauf vollendet wird, im Allgemeinen ein **Jahr** genannt.

§. 18. Die Ekliptik und ihre Hauptpunkte.

1) Die kreisförmige Bahn, welche die Sonne bei ihrer jährlichen Bewegung am Himmel beschreibt, heißt **Ekliptik** [1]) oder **Sonnenbahn** (via regia Solis). Sie fällt nicht mit dem Aequator zusammen, sondern schneidet denselben in zwei diametral gegenüber liegenden Punkten, die man (in der Astronomie) **Knoten** nennt, unter einem Winkel von nahezu $23\frac{1}{2}^0$ (genauer $23^0 27' 36''$), welcher die **Ekliptikschiefe** [2]) genannt wird. Diese ist jedoch nicht unveränderlich, sondern nimmt gegenwärtig jährlich gegen $0{\cdot}5''$ (genauer $0{\cdot}4758''$) ab.

2) Die Knotenpunkte der Ekliptik werden gewöhnlich **Aequinoktial-** oder **Nachtgleichepunkte** genannt, weil beim Stande der Sonne in einem dieser Punkte ihr Tageskreis der Aequator ist, also ihr Tag- und Nachtbogen je 180^0 beträgt, und Tag und Nacht gleich lang (**Aequinoktium**) ist. Insbesondere wird von den Aequinoktialpunkten jener, in welchem die Sonne von der südlichen

---

1) Von ἔκλειψις oder ἐκλειπτικὴ scil. γραμμὴ (Verfinsterung), weil sogenannte Finsternisse nur dann eintreten können, wenn der Mond in oder nahe bei der Ebene der Sonnenbahn steht.

2) Deßhalb wurde die Ekliptik von den Griechen λόξος κύκλος (der schiefe Kreis) genannt.

in die nördliche Hemisphäre übergeht, der Frühlings-, der andere der Herbstpunkt genannt.

Die Theilung der Ekliptik in zwei gleiche Theile durch die Aequinoktialpunkte bestimmt die Eintheilung des Jahres in zwei Halbjahre oder Semester, und zwar in das Sommerhalbjahr, wenn die Sonne in der nördlichen, und in das Winterhalbjahr, wenn sie in der südlichen Hemisphäre verweilt.

3) Jene zwei Punkte der Ekliptik, welche von jedem der Aequinoktialpunkte 90° (also auch am weitesten vom Aequator) entfernt sind, heißen Solstitial- oder Sonnenstillstandspunkte, auch Sonnenwendepunkte oder kurz Sonnenwenden, weil die Sonne in ihnen einige Zeit stille zu stehen scheint, und sich dann allmälig wieder dem Aequator nähert. Der vom Aequator nördlich liegende Solstitialpunkt wird Sommersolstiz, der südliche Wintersolstiz genannt.

Durch die Aequinoktial- und Solstitialpunkte, welche die vier Hauptpunkte oder Jahrespunkte der Ekliptik genannt werden, wird die Eintheilung des Jahres in Vierteljahre, Quartale oder (astronomische) Jahreszeiten bestimmt. Die bekannten Namen derselben sind, vom Frühlingspunkte an gezählt: Frühling, Sommer, Herbst und Winter.

4) Denkt man sich im Mittelpunkte der Ekliptikebene auf diese eine Senkrechte errichtet, so trifft sie die Himmelssphäre in zwei Punkten, welche die Pole der Ekliptik heißen, nahe 23° 28′ von den Weltpolen entfernt sind, und wie diese der Nord- und Südpol genannt werden.

§. 19. Der Thierkreis, Präzession.

1) Schon in den ältesten Zeiten wurde jeder der vier Haupttheile der Ekliptik noch in drei gleiche Theile getheilt, so daß sie also 12 Theile, jeden zu 30° enthält. Diese 12 Theile heißen die 12 Himmelszeichen, und bestimmen die Eintheilung des Jahres in 12 Monate (Sonnenmonate), deren Namen bekannt sind.

2) Die in der Nähe der Sonnenbahn liegenden Sterne wurden in 12 Gruppen (Sternbilder) vertheilt, und da ihre Namen meist von Thieren entnommen sind, wurde der ungefähr 20° breite

Himmelsgürtel selbst, in welchem sie liegen, der Thierkreis oder Zodiakus genannt.

Die Sternbilder des Thierkreises sind nach ihrem frühern Stande (vor beiläufig 2200 Jahren) sammt ihren astronomischen Zeichen in Hinsicht auf ihre Lage gegen den Aequator von West gegen Ost und vom Frühlingspunkte an gezählt folgende:

a) nördliche:		b) südliche:	
1. Widder (aries) . . .	♈	7. Waage (libra) . . .	♎
2. Stier (taurus) . . .	♉	8. Skorpion (scorpius) .	♏
3. Zwillinge (gemini) . .	♊	9. Schütze (sagittarius) .	♐
4. Krebs (cancer) . . .	♋	10. Steinbock (capricornus)	♑
5. Löwe (leo)	♌	11. Wassermann (aquarius)	♒
6. Jungfrau (virgo) . .	♍	12. Fische (pisces) . .	♓ [1]

Von diesen Zeichen werden noch a) die Zeichen 1—3 Frühlings=, 4—6 Sommer=, 7—9 Herbst= und 10—12 Winterzeichen, b) die Zeichen 4—9 niedersteigende, die übrigen aufsteigende genannt.

3) Der Frühlingspunkt bleibt nicht unverrückt an derselben Stelle, sondern weicht nach Westen zurück, also der nach Osten sich bewegenden Sonne entgegen. [2] Man nennt diese Erscheinung das Vorrücken der Nachtgleichen oder die Präzession. Dieselbe beträgt jährlich gegen 50·2″, also in nahezu 72 Jahren 1°, und daher in fast 30 . 72 = 2160 Jahren ein Zeichen. Der Zeitraum von 360 . 72 = 25900 Jahren (genauer 25817), nach wel=

---

1) Diese Zeichen sind in folgenden bekannten Memorialversen enthalten:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Die Astronomen bezeichnen einen Punkt der Ekliptik durch die Anzahl der Zeichen, Grade 2c., welche zwischen ihm und dem Frühlingspunkte liegen. So ist z. B. 8 Z. 7° 15′ 48″ = 8 . 30° + 7° 15′ 48″ = 247° 15′ 48″ vom Frühlingspunkte oder 7° 15′ 48″ im Zeichen des Schützen.

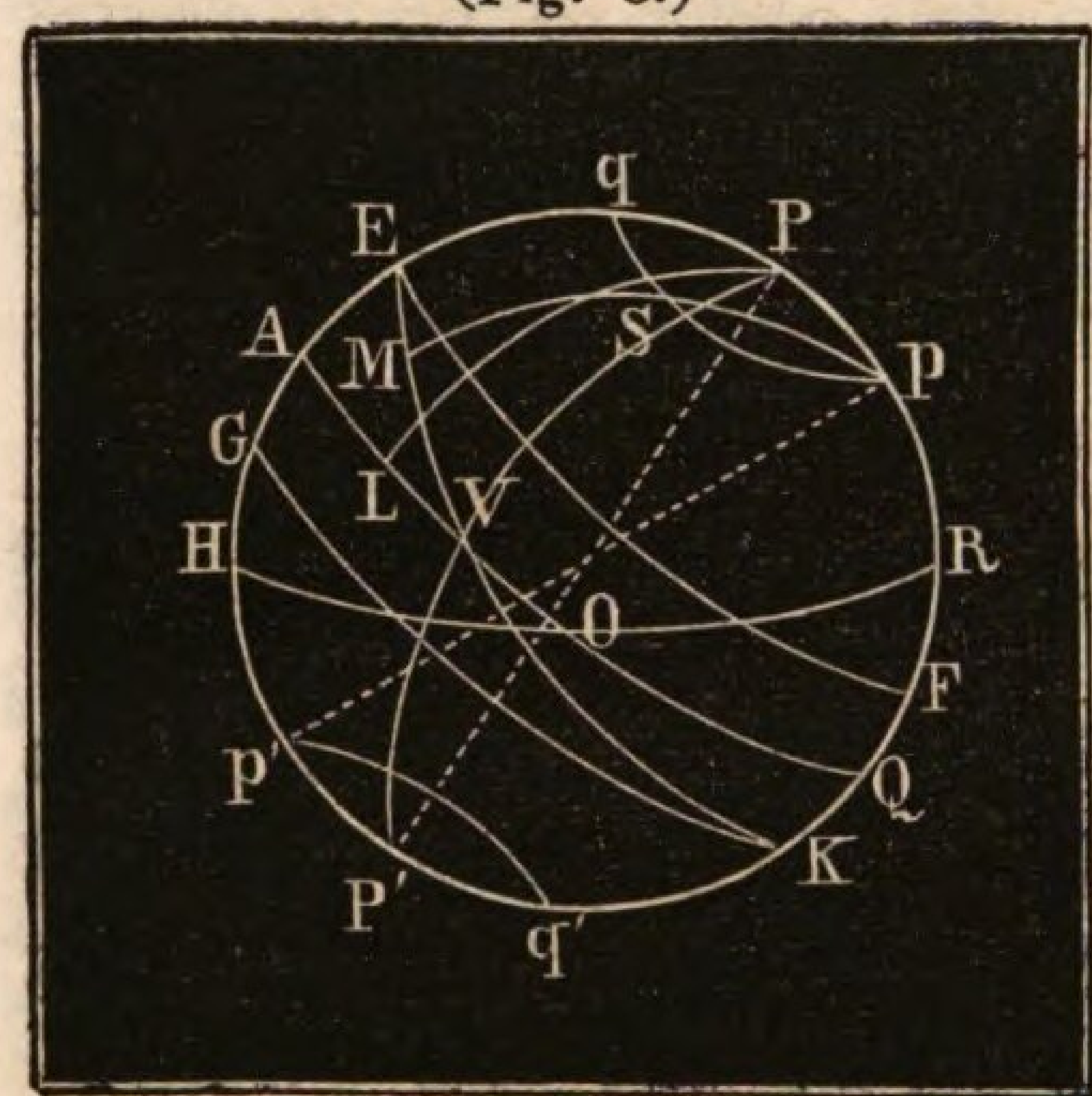
2) Diese Entdeckung wurde schon von Hipparchus aus Nicäa in Bythinien, dem größten Astronomen des Alterthums (gegen 150 v. Chr.) gemacht, indem er fand, daß das Frühlingsäquinotium ungefähr $2{\cdot}5^t$ früher eintrat, als es 166 Jahre vorher (um 300 v. Chr.) von den Alexandrinern Timocharis und Aristillus bestimmt worden war.

chen der Frühlingspunkt die ganze Ekliptik durchlaufen haben wird, heißt das große platonische Jahr.

Zus. Für die Aequinoktialpunkte wurden die Zeichen ♈ und ♎ beibehalten; deßhalb können vermöge der Präzession die Zeichen des Zodiakus gegenwärtig nicht bei den bezeichneten Bildern stehen, wie es um 320 v. Chr., also vor ungefähr 2170 Jahren der Fall war, sondern der Frühlingspunkt liegt jetzt 30^0 westlicher, also im Sternbilde der Fische. [1]) Die 12 (bilderlosen) Zeichen heißen auch dodecatemoria, die wirklichen Sternbilder asterisci.

§. 20. Kreise, die sich auf die Ekliptik beziehen.

(Fig. 8.)



1) Kreise, die man sich (Fig. 8.) durch die Pole der Ekliptik (p und p′) gezogen denkt (z. B. pM), die also dieselbe senkrecht treffen, nennt man Breitekreise. Jenes Stück eines Breitekreises, das zwischen einem Gestirn (S) und der Ekliptik liegt (SM), wird die Breite, der Bogen der Ekliptik selbst zwischen dem Frühlingspunkte (♈) und dem Breitekreise (d. i. ♈M) die Länge des Gestirns genannt.

2) Jenen Bogen des Aequators (♈L), der zwischen dem Frühlingspunkte und dem Deklinationskreise (PL) eines Gestirns liegt, nennt man dessen gerade Aufsteigung oder Rektascension.

3) Diejenigen Deklinationskreise, welche durch die Nachtgleiche= und Sonnenwendepunkte gehen, heißen Koluren, [2]) und zwar ersterer (P♈P′) der Aequinoktial=, letzterer der Solstitialkolur.

---

1) Die 4 Jahreszeiten nebst den Sternbildern, in welche gegenwärtig die Sonne beim Beginne einer jeden tritt, enthalten folgende Verse:

Ver, aestas, auctumnus, hiems dominantur in anno:
Aestas a Geminis, *auctumnus* Virgine surgit,
Bruma Sagittifero, *ver* Piscibus incipit esse.

2) Von *κόλουρος*, d. i. *κόλος οὐρὰν* (am Schweife verstümmelt, stutzschwänzig). Diese Benennung rührt wahrscheinlich entweder daher, weil man ihr dem untern Pole zugekehrtes Ende nie sehen kann, oder weil beide den

4) Jene zwei Parallelkreise (des Aequators AQ), welche die Ekliptikpole bei der täglichen Umdrehung des Himmels beschreiben (pq und p′q′), heißen der nördliche und südliche Polarkreis (circulus polaris arcticus und antarcticus), die von den beiden Wendepunkten beschriebenen (oder durch dieselben gehenden) die Wendekreise (tropici),[1] und zwar der nördliche (EF) Wendekreis des Krebses (tropicus cancri), der südliche (GK) Wendekreis des Steinbocks (tropicus capricorni).

Innerhalb dieser beiden, 46° 55·2′ von einander entfernten Kreise bewegt sich, in Verbindung mit ihrer täglichen Bewegung, die Sonne in schraubenförmigen Windungen auf- und absteigend im Laufe eines Jahres hin und her.

§. 21. Bestimmung der Aequatorhöhe und Ekliptikschiefe.

Beobachtet man die Culminationshöhen der Sonne zur Zeit der beiden Solstitien; so ist 1) die halbe Summe dieser Höhen gleich der Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, 2) ihre halbe Differenz gleich der Ekliptikschiefe.

Ist (Fig. 8.) EK die Ekliptik, PAP′QP der Solstitialkolur, so wird die Ekliptikschiefe (A♈E) offenbar durch den zwischen den Wendepunkten E und K und dem Aequator (AQ) liegenden Bogen AE = KQ = AG des Kolurs gemessen. Man hat daher zur Zeit der Culmination der Sonne

1) in Hinsicht auf die Aequatorhöhe AH:

$$AH = HE - AE, \text{ und}$$
$$AH = GH + AG; \text{ daher}$$

$$2.AH = HE + GH, \text{ mithin}$$
$$AH = \tfrac{1}{2}(HE + GH);$$

Schweif des kleinen Bären durchschneiden (vgl. pag. 10, Note 2). — Der Kolur der Nachtgleichen wird als erster Himmelsmeridian betrachtet.

1) Von τρέπω (umwenden, umkehren), weil in ihnen die Sonne sich am weitesten vom Aequator entfernt hat, und nun wieder allmälig zu demselben zurückkehrt.

2) in Bezug auf die Ekliptikschiefe AE = AG:

$$AE = EH - AH \text{, und}$$
$$AG = AH - GH \text{; also}$$
$$2.AE = EH - GH \text{, folglich}$$
$$AE = \tfrac{1}{2}(EH - GH) .$$

Zu diesen Bestimmungen diente den alten Astronomen der sogenannte Gnomon (Sonnenzeiger), ein auf horizontalem Boden senkrecht aufgestellter Stab oder Pfeiler von bestimmter Höhe; [1]) bei welchem die Länge des Schattens zur Culminationszeit bemerkt und gemessen wurde, welche dann in ihrem Verhältnisse zur Höhe des Gnomons den Höhenwinkel der Sonne gab. [2])

II. Kapitel. Gestalt, Eintheilung und Grösse der Erde.

§. 22. Ansichten der Alten über die Gestalt der Erde.

1) Die Erde (♁) ist ein Weltkörper, welcher zur Klasse der Planeten gehört, von der Sonne erleuchtet und erwärmt wird, und dem äußern Anscheine nach eine fast ebene vom Horizont kreisrund begrenzte Fläche ist, in deren Mittelpunkt jeder Beobachter zu stehen wähnt (vgl. §. 4.). Deßhalb glaubte auch jedes Volk, in Folge des unmittelbaren Anblickes der Himmelssphäre im Mittelpunkte der Erde zu sein.

2) Sehr verschieden waren im grauen Alterthume, selbst bei den klassischen Völkern, die Ansichten über die eigentliche Gestalt

1) Der Gnomon stammt nach Herodot von den Babyloniern; andere schreiben seine Erfindung und Anwendung als Sonnenuhr dem Anaximenes von Milet, andere seinem Lehrer Anaximander zu. Die älteste Beobachtung jedoch mit dem Gnomon berichtet der Jesuit Gaubil; sie wurde 1100 v. Chr. in China von dem Kaiser Tschu-Kong in der Stadt Loyang (Honan-Fu) gemacht.

2) Construirt man nämlich auf einer ebenen Fläche ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Katheten (in natürlichem oder verjüngtem Maße) die Höhe des Gnomons (= a) und die Länge des Schattens (= b) sind, und mißt mit einem Transporteur den Winkel (α), welcher der Kathete a gegenüber liegt, so ist dieser (annähernd) der Höhenwinkel der Sonne. Genauer erhält man denselben mit Hilfe der Trigonometrie aus der Formel $\tan \alpha = a : b$.

der Erde. Bei Homer erscheint sie als eine kreisrunde vom Okeanos umflossene Scheibe, deren Mittelpunkt der Olympos (später Delphi) war. Ueber der Erde wölbt sich der eherne Himmel, der im Osten auf dem kolchischen Kaukasus, im Westen auf den Säulen des Atlas ruht; unten ist in gleichem Abstand eine ähnliche Wölbung, eine Art von Gegenhimmel, welche den Tartarus enthält. Ebenso ist sie bei Hesiod (um 800 v. Chr.) eine vom Okeanos umströmte, aber im Tartarus gewurzelte Scheibe. Thales (640—548 v. Chr.) und Anaximander (von Milet, 610—546 v. Chr.) hielten sie für einen Cylinder, dessen Höhe $\frac{1}{3}$ des Durchmessers betrage, und der im Mittelpunkte der zur Hälfte mit Wasser gefüllten hohlen Himmelskugel wie Kork auf dem Wasser schwimme. Nach Anaximenes (aus Milet, 611—547 v. Chr.) ruhte die tischförmige Erde auf der durch sie comprimirten Luft der untern Himmelshalbkugel. Leucippus (um 500 v. Chr.) gab ihr die Gestalt einer in der Mitte vertieften Trommel; Plato (430—384 v. Chr.) die eines Würfels, weil er diese Körperform für die vollkommenste hielt. Nach Xenophanes (aus Colophon, um 530 v. Chr.) war sie unendlich und nach unten zu auf ihre eigenen Wurzeln gegründet. Selbst Kosmas Indopleustes (ein Kaufmann aus Alexandria, um 500 n. Chr.) erklärte sie für ein Viereck, obwohl schon Pythagoras (aus Samos, 580—500 v. Chr.), dann Aristoteles (von Stagira, 384—322 v. Chr.) und seine Schule ihre Kugelgestalt gelehrt hatten. Die Inder hielten sie für eine auf dem Ozean schwimmende Lotosblume, in deren Mitte sich der Götterberg Meru erhebt, von welchem aus sich die 4 Hauptländer als Blumenblätter erstrecken. Andere ließen sie auf dem Rücken einer Schildkröte, wieder andere auf dem eines Elephanten ruhen ꝛc. ꝛc. So hatte jedes Volk nach seinem Bildungsgrade eigene, der Wahrheit bald mehr bald weniger sich nähernde Vorstellungen von der Erde.

§. 23. Beweise für die Kugelgestalt der Erde.

Daß die Erde keine Ebene sei, sondern im Allgemeinen die Gestalt einer Kugel habe, geht aus folgenden Gründen zur Genüge hervor: Es sprechen nämlich

1) für ihre Krümmung von Osten nach Westen:

a) der ungleichzeitige Auf- und Untergang der Gestirne. Wäre

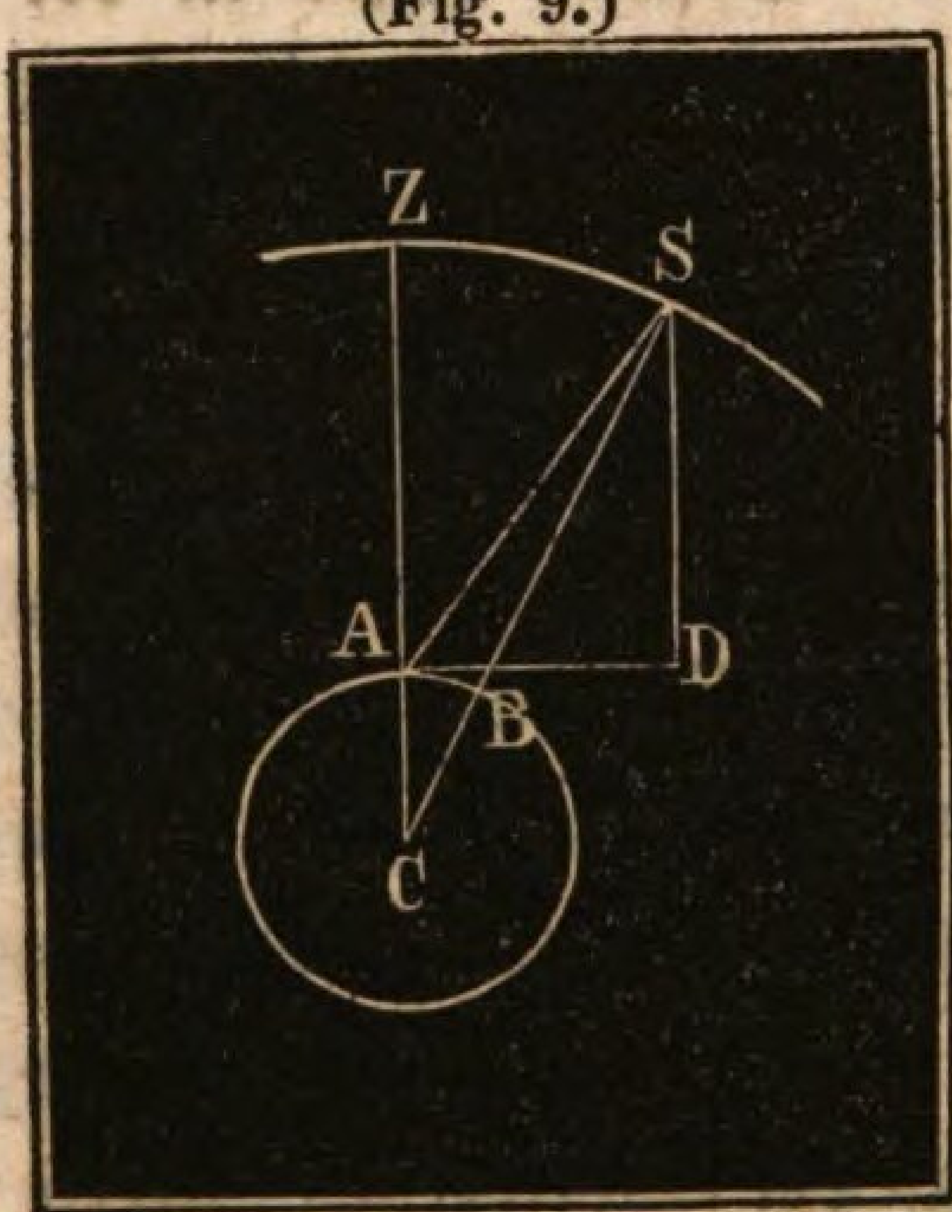
die Erde eine Ebene, so müßte sie von der aufgehenden Sonne auf einmal beschienen werden; allein ihr Aufgang erfolgt an östlicher gelegenen Orten früher, an westlichern später; [1])

b) die seit Ferdinand Magellan (1519—1522) häufig wiederholten Umseglungen der Erde, welche gezeigt haben, daß man zu Schiffe stets nach derselben Richtung gehend zum Ausgangspunkte zurückkommt. [2])

2) für die Rundung von Süden nach Norden:

a) das Verschwinden nördlicher Sterne bei einer größern Reise nach Süden, und die stets im Verhältnisse zum zurückgelegten Wege erfolgende Abnahme der Polhöhe. Das Umgekehrte findet Statt bei einer Reise nach Norden. Wäre die Erde eben, so müßte man allerorts dieselben Sterne und zwar in derselben Lage gegen den Horizont sehen; [3])

(Fig. 9.)



b) der verhältnißmäßig sehr kleine Weg, den man in süd-nördlicher Richtung zu machen hat, um einen Stern, der nahe bei unserm Zenith steht, in dasselbe zu bringen. Denn befindet sich (Fig. 9.) in A ein Beobachter, in S ein Stern, dessen Zenithdistanz ZAS ist, so bedarf es auf der gekrümmten Erdfläche nur des Weges AB, um den Stern im Zenith zu sehen, während auf der ebenen die Strecke AD zurückgelegt werden müßte. [4])

1) Man kann sich hievon überzeugen, wenn zwei Beobachter, die um einige Meilen in ost-westlicher Richtung von einander entfernt wohnen, an einem verabredeten Tage und an richtig gehenden, vorher übereinstimmend gestellten Uhren den Aufgang der Sonne beobachten.

2) Hernando Magelhaens (ein Portugiese) machte seine Expedition auf spanischen Schiffen, durchsegelte als der erste die nach ihm benannte gefährliche Straße an der Südspitze von Amerika, kam jedoch nicht nach Europa zurück, sondern verlor am 26. April 1521 auf einer der Südseeinseln sein Leben. Nur eines seiner 5 Schiffe lief am 7. September 1522 mit 18 Mann wieder im Hafen von San Lucar ein.

3) Schon Aristoteles führt an, daß bei seiner Reise nach Aegypten der Stern Kanopus, der in Griechenland nicht gesehen wird, über den Horizont trat.

4) Setzt man z. B. $\angle$ ZAS = ASD = 1°, so beträgt die Länge des Bo-

3) für die nach allen Seiten runde Gestalt der Erde:

a) die überall kreisförmige Gestalt des Horizonts und dessen kreisförmige Erweiterung bei Erhöhung des Standpunktes. Nur eine Kugel hat die Eigenschaft, daß jeder Abschnitt derselben von einem Kreise begrenzt wird, und daß man ein um so größeres Stück (Calotte) überblicken kann, je weiter man von ihr absteht; [1])

b) das allmälige Verschwinden sich entfernender und Auftauchen sich annähernder Gegenstände. Verfolgt man z. B. am Meeresufer ein absegelndes Schiff, so verliert man zuerst seinen untern Theil, zuletzt erst die Spitze des Mastes aus dem Auge, da bei ebener Fläche des Meeres doch der Körper des Schiffes am längsten müßte gesehen werden können;

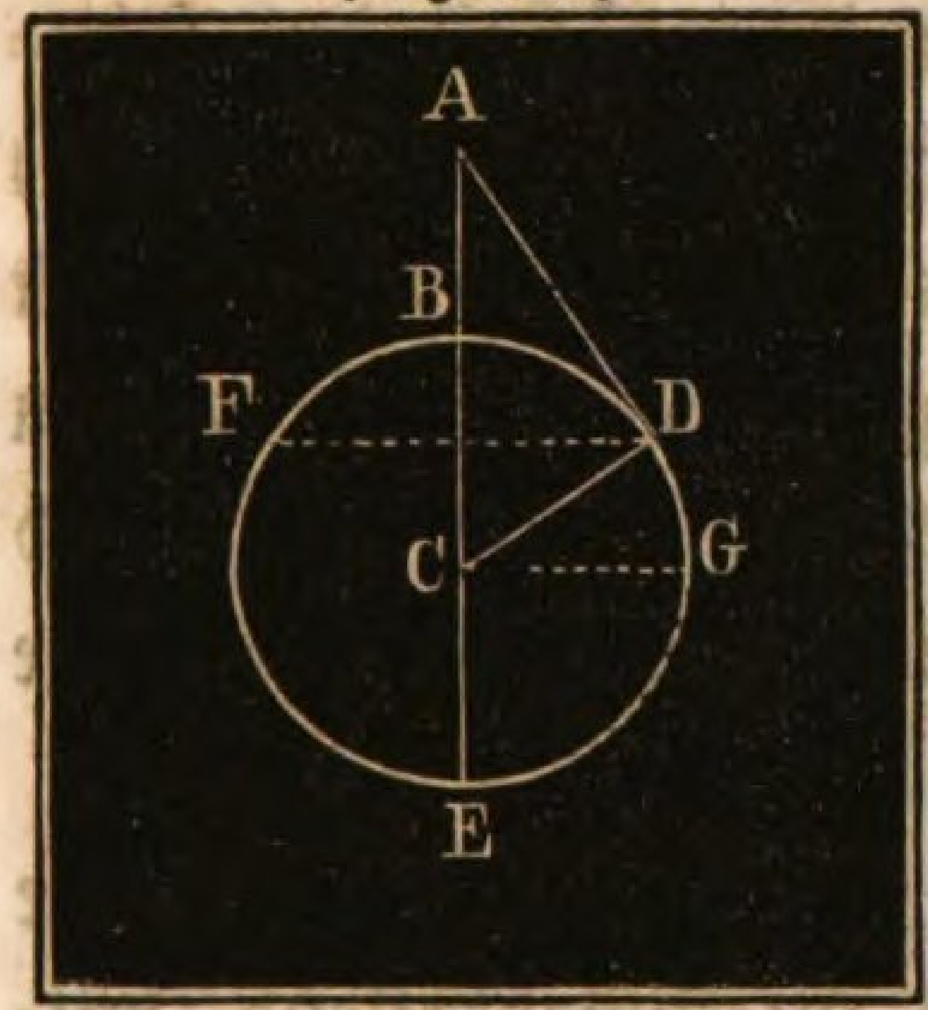
c) das frühere Verschwinden eines entfernten Objektes (z. B. eines Berges), als es auf einer Ebene geschehen könnte. Wäre die Erde eben, so müßte z. B. ein 12000′ hoher Berg bei einer scheinbaren Größe von 2 Minuten in einer Entfernung

---

gens AB erfahrungsgemäß (vgl. §. 32, 1.) ungefähr 15 Meilen; dagegen müßte, wenn man die Entfernung AS des Sterns nur zu einer Billion Meilen annimmt (nach §. 5, Nro. 3), AD über 17450 Millionen Meilen betragen.

1) Die Gesichtsweite AD = t (Fig. 10.), d. i. die vom Auge eines Beobachters an den äußersten wahrnehmbaren Punkt der Erdkugel gezogene Gerade (Tangente) ergibt sich, wenn CD = r den Radius der Erde, und AB = h die Höhe des Auges über deren Oberfläche bezeichnet, aus der Gleichung (vgl. Geom. §. 227.):

(Fig. 10.)



$t = \sqrt{h(2r + h)}$, oder einfacher aus $t = \sqrt{2rh}$,

da stets der Sumand h gegen 2r als verschwindend angesehen werden kann.

Der Flächeninhalt (f) der aus h überschauten Calotte wird aus $f = 2r^2\pi h : (r + h)$ gefunden.

Hinsichtlich der Erweiterung des Gesichtskreises bei erhöhtem Standpunkte führt schon Geminos (aus Rhodus um 70 v. Chr.) an, daß der Stern Kanopus auf Rhodus am Meeresufer nicht gesehen werde, wohl aber auf einem Berge der Insel.

von mehr als 900 Meilen noch gesehen werden, was aller Erfahrung widerspricht; [1])

d) der allzeit kreisrunde Schatten, den die Erde bei einer sogenannten Mondsfinsterniß (vgl. §. 52.) auf die Mondscheibe wirft. Einen rundbegrenzten Schatten wirft aber in jeder Stellung gegen einen leuchtenden Körper nur eine Kugel;

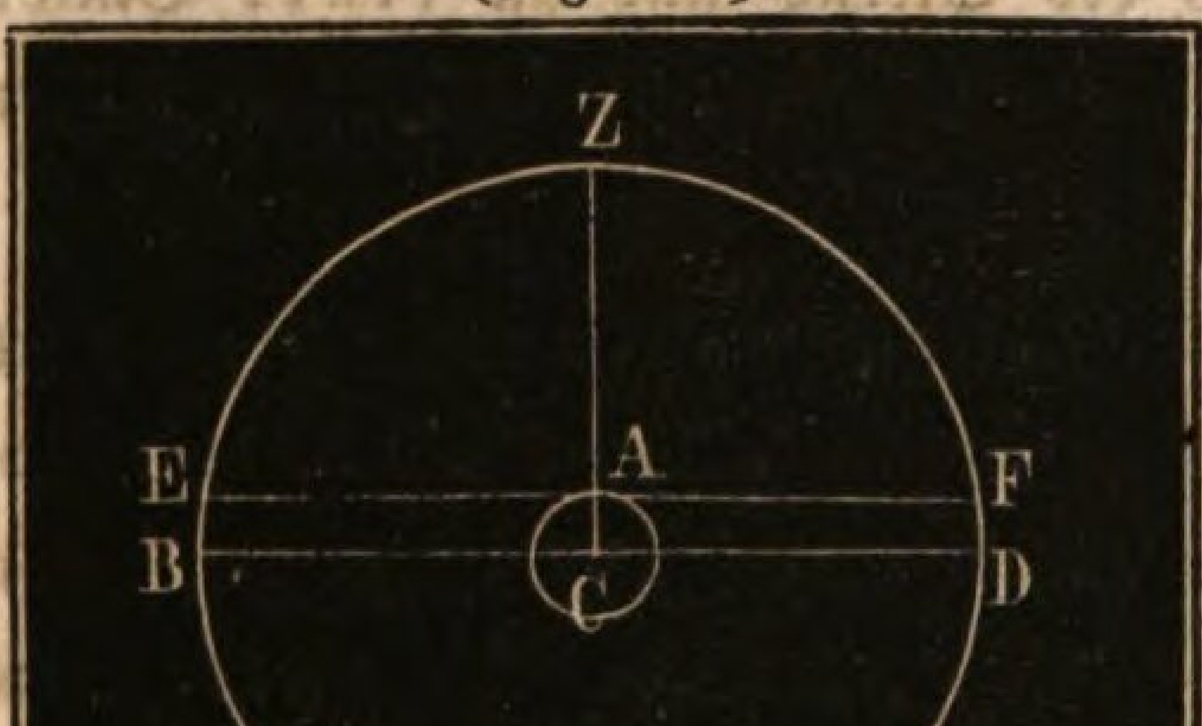
e) die Kugelform der andern Planeten, welche durch Beobachtungen derselben mittelst des Fernrohrs (Telescopes) dargethan ist, und die Annahme, daß auch die Erde Kugelform habe (der Analogie gemäß), bestätigt.

Zus. Die Gebirge und Meerestiefen sind ebenso wenig im Stande, der Erde ihre Kugelgestalt zu benehmen, als ein Sandkorn dieselbe einer Kugel von sechs Fuß Durchmesser nimmt.

§. 24. Zweifacher Horizont, Verhältniß der Erde zum Fixsternhimmel.

1) Nachdem die Erde nunmehr als eine Kugel erkannt worden, hat man unter natürlichem Horizont (vgl. §. 4.) denjenigen zu verstehen, welcher (Fig. 11.) von einer durch den Standpunkt (A) eines Beobachters gehenden Ebene am Himmelsgewölbe gebildet wird. Er heißt der scheinbare Horizont, und umfaßt jenen Theil des Himmels, der über jener Ebene (EF) liegt. Eine durch den Mittelpunkt der Erde, parallel zum scheinbaren Horizont gehende Ebene (BD) wird der wahre oder mathematische Horizont genannt.

(Fig. 11.)



2) Der scheinbare und wahre Horizont sind in Hinsicht auf die außerordentliche Entfernung der Fixsterne als zusammenfallend, mithin ihr Abstand (AC), d. i. der Erdradius als verschwindend klein,

1) Als Grenze der Wahrnehmbarkeit eines Gegenstandes wird angenommen, daß die scheinbare Größe (der Gesichtswinkel) desselben nicht unter einer Minute betrage.

und daher die Erde selbst als ein Punkt im Centrum der Himmelssphäre zu betrachten. Denn bewegt sich ein Fixstern im Aequator, so ist der Stern genau die halbe Umdrehungszeit des Himmels, d. i. 12^h über und ebenso lange unter dem Horizont, man mag ihn wo immer auf der Erdoberfläche (die Pole ausgenommen) betrachten. Der Beobachter befindet sich also überall im Mittelpunkte der Himmelskugel, sein Horizont (EF) halbirt dieselbe, ist also mit BD als zusammenfallend und daher AC als verschwindend gegen den Radius (CZ) des Sterngewölbes anzusehen.

§. 25. Mathematische Eintheilung der Erdoberfläche.

Um sich auf der Oberfläche der Erde orientiren zu können, hat man die an der Himmelskugel, welche mit der Erde conzentrisch ist (denselben Mittelpunkt hat), angenommenen Punkte und Linien auch auf jene übergetragen.

1) Derjenige Durchmesser der Erde, welcher mit der Weltachse zusammenfällt, heißt Erdachse, ihre beiden Endpunkte Erdpole, und zwar, den Weltpolen entsprechend, der Nord- und Südpol.

2) Von beiden Polen überall gleichweit (90°) entfernt, also auf der Erdachse senkrecht, läuft ein größter Kreis um die Erde, der Aequator oder Gleicher (von den Seefahrern kurz die Linie genannt), welcher deren Oberfläche in die nördliche und südliche Halbkugel oder Hemisphäre theilt.

3) Kreise, die man sich auf beiden Seiten des Aequators zu demselben parallel laufend gezogen denkt, werden nördliche und südliche Parallelkreise oder Parallelen genannt; insbesondere heißen jene zwei von ihnen, welche 23° 28′ vom Aequator entfernt sind, Wendekreise, und die beiden ebensoweit (23° 28′) von den Polen abstehenden Polarkreise der Erde (circulus polaris arcticus und antarcticus).

4) Alle Kreise, die man sich durch die Erdpole gezogen denkt, welche also den Aequator senkrecht durchschneiden, nennt man Erd-Meridiane oder Mittagskreise. [1])

1) Die Ebenen des Aequators und der Meridiane der Erde fallen mit den Ebenen des Himmelsäquators und der Stundenkreise zusammen. Anders verhält es sich bei den Parallelen der Erde. Diese werden vom Himmel

Zus. Es gibt unzählige Meridiane und Parallelen, da man sich durch jeden Punkt des Aequators einen Meridian, und durch jeden Punkt eines Meridians einen Parallelkreis denken kann.

§. 26. Dreifache Himmelssphäre.

Der Anblick des Himmels ist je nach dem Standpunkte eines Beobachters auf der Erde verschieden, indem die Tageskreise der Gestirne bei Veränderung des Ortes nach Norden oder Süden ihre Lage gegen den Horizont ändern. Dieses veranlaßte die Eintheilung des Himmels in folgende drei Sphären:

1) die gerade oder senkrechte Sphäre (Sphaera recta), welche unter dem Aequator gesehen wird. Hier geht der Himmelsäquator durch das Zenith (ist also zugleich Vertikalkreis), die Pole liegen im Horizont; also gehen alle Gestirne täglich senkrecht vom Horizont auf und gegen ihn unter (§. 15, 1.), und verweilen 12 Stunden über, und ebenso lange unter demselben. Daraus folgt auch, daß daselbst stets Tag und Nacht gleich lang sind;

2) die parallele Sphäre (Sph. parallela), welche sich unter Polen zeigt. Hier steht ein Weltpol im Zenith, also der Aequator im Horizont; daher bewegen sich alle Gestirne parallel zum Horizont, es findet (in Bezug auf Fixsterne) kein Auf= und Untergang Statt, und ist stets nur die eine Hälfte des Himmels sichtbar; ebenso ist die eine Hälfte des Jahres Tag, die andere Nacht (welche jedoch durch eine Dämmerung von ungefähr 4 Monaten und noch andere Umstände abgekürzt wird;

3) die schiefe Sphäre (Sph. obliqua), welche man zwischen dem Aequator und den Polen hat. In dieser ist der Aequator, also auch die Tageskreise aller Gestirne, schief gegen den Horizont geneigt, es gehen somit alle Gestirne schief gegen letztern auf und unter, einige gehen gar nicht auf, andere gar nicht unter (vgl. §. 15, 5.).

---

auf die Erde übergetragen, indem man sich vom Erdmittelpunkte eine gerade Linie an den Umfang eines Parallelkreises des Himmels gezogen und an jenem Umfange herumgeführt denkt, bis sie wieder in ihre anfängliche Lage kommt.

§. 27. Erdzonen, Klimata.

1) Durch die beiden Wende= und Polarkreise wird die Erde in fünf dem Aequator parallele Gürtel oder Zonen [1]) eingetheilt, nämlich:

a) die heiße oder tropische (zona torrida, διακεκαυμένη), zwischen den beiden Wendekreisen zu beiden Seiten des Aequators, also nahezu 47° breit;

b) die zwei gemäßigten (temperatae, εὔκράτεις), und zwar die nördliche (borealis) zwischen dem nördlichen Wende= und Polarkreise, die südliche (australis) zwischen dem südlichen Wende= und Polarkreise, jede 43° breit;

c) die zwei kalten (frigidae, κατεψυγμέναι) oder Polarzonen rings um den Nord= und Südpol von einem der Polarkreise begrenzt; beide sind Calotten und je 47° breit.

2) Eine andere (minder wichtige) Eintheilung der Erde in gleichfalls durch Parallelkreise gebildete Gürtel sind die von den alten Astronomen [2]) eingeführten (mathematischen oder astronomischen) Klimata. Sie beziehen sich auf die Tageslänge, und sind

a) vom Aequator bis zu jedem Polarkreise 24, weil zwischen beiden die Dauer des längsten Tages von 12 bis 24 Stunden wächst. Das erste reicht vom Aequator bis zu jenem Parallel, unter welchem der längste Tag $12\frac{1}{2}$ Stunden, das nächste bis zu jenem, unter welchem er 13 Stunden dauert ꝛc. ꝛc. Sie werden deßhalb auch halbstündige Klimata genannt; [3])

---

1) Diese Eintheilung rührt von Parmenides aus Elea (430 v. Chr.) her, erhielt aber erst seit Eudorus von Knidus (360 v. Chr.) Wichtigkeit für die Geographie.

2) Eratosthenes (aus Kyrene, 280—192 v. Chr.), Hipparchus und Ptolemäus (wahrscheinlich aus Pelusium in Aegypten, um 70—140 n. Chr.).

3) Man erhält die Grenzen dieser Klimata mittelst der trigonometrischen Gleichung $\operatorname{tg} \varphi = -\cos \frac{1}{2} t \,.\, \operatorname{cotang} \varepsilon$, in welcher φ den Bogen eines Meridians vom Aequator bis zu jenem Punkte, durch welchen der Begrenzungsparallel des Klima für eine bestimmte Tagesdauer gehen soll, ε die Ekliptikschiefe, und t den der gegebenen Tagesdauer entsprechenden Bogen bezeichnet, welcher durch Multiplication derselben mit 15 erhalten wird.

b) von jedem Polarkreise bis zum Pole sind 6, da dort der Tag von 24 Stunden bis zu sechs Monaten wächst. Ihre Grenzen liegen in jenen Parallelkreisen, in welchen jedesmal der längste Tag um einen Monat länger dauert, weßhalb man sie auch monatliche Klimata nennt.

§. 28. Geographische Breite und Länge.

Der Ort, an welchem ein Punkt auf der Erdoberfläche sich befindet, wird dessen geographische Lage genannt; er ist durch den Parallelkreis und den Meridian, welche durch jenen Punkt gehen, vollkommen bestimmt. Diese Bestimmung geschieht aber durch Angabe seiner Entfernung vom Aequator und von einem Meridian, der nach Uebereinkunft (da sich keiner derselben vor den andern durch etwas Besonderes auszeichnet) als erster oder Hauptmeridian angenommen wird. Demnach heißt

1) der Bogen des Meridians eines Ortes zwischen diesem und dem Aequator die geographische Breite (Latitudo, *πλάτος*), welche entweder nördlich (+) oder südlich (—) ist;

2) der Boden des Aequators (oder eines Parallels) zwischen dem Meridian des Ortes und dem Hauptmeridian dessen geographische Länge (Longitudo, *μῆκος*), welche entweder östlich (+) und westlich (—) von 0°—180° oder bloß östlich von 0°—360° gezählt wird. [1])

Als Hauptmeridian wird gewöhnlich jener angenommen, welcher genau 20° westlich von der Pariser Sternwarte, nahe an der canarischen Insel Ferro [2]) vorbeigeht.

---

1) Die Benennungen Breite und Länge rühren von Strabo (aus Amasia in Cappadocien, geb. um 19 v. Chr.) her, welcher von Süd nach Norden 29700, von Ost nach Westen dagegen 70000 Stadien rechnete.

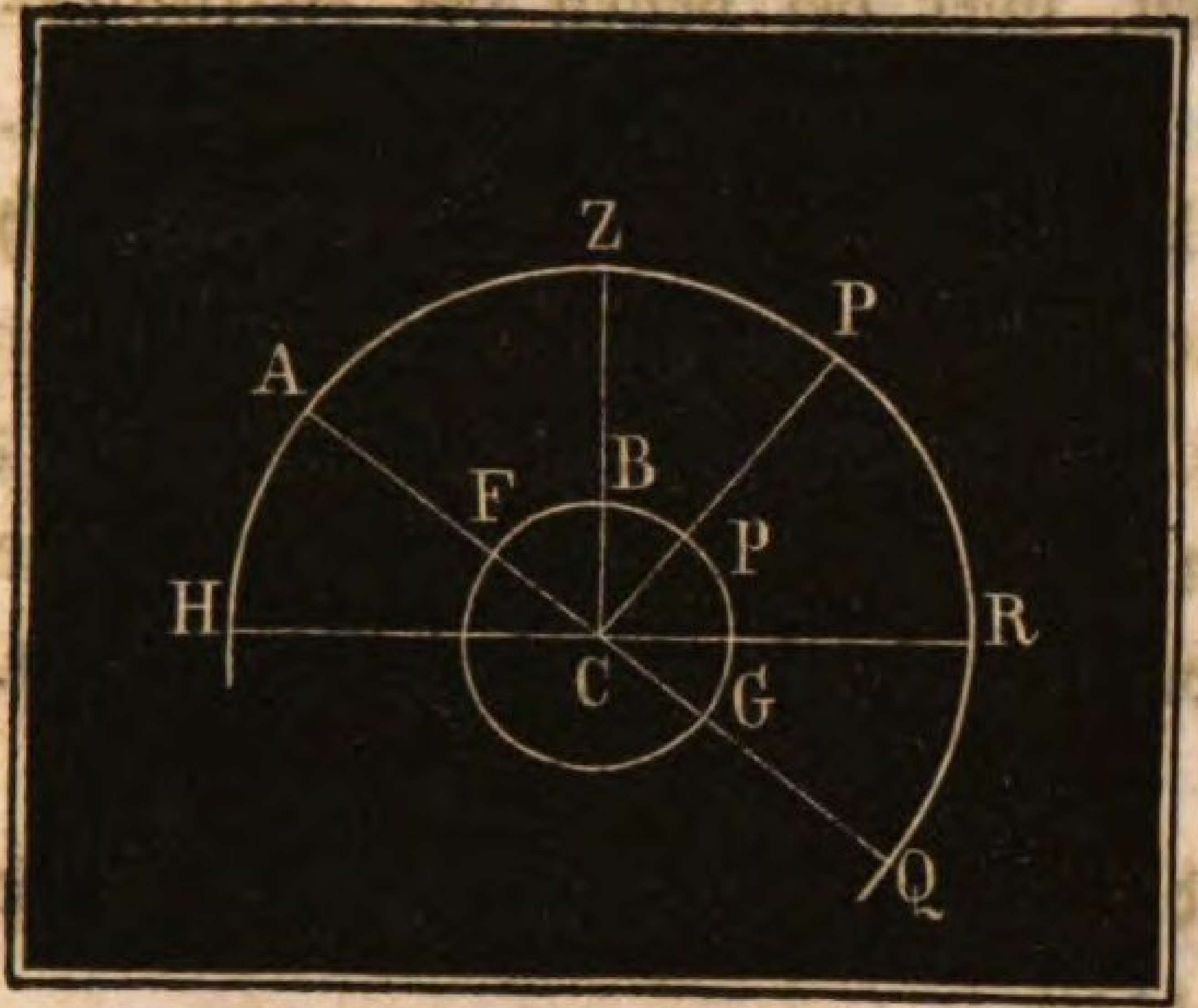
2) Ptolemäus zog den ersten Meridian durch die canarischen Inseln (insulae fortunatae), als die äußerste westliche Grenze der damals bekannten Erde; später wurde durch Ludwig XIII. von Frankreich gesetzlich (25. April 1634) der Meridian von Ferro (19° 57·5′) als erster bestimmt, an dessen Stelle in der Folge der Geograph *de l'Isle* jenen setzte, welcher genau 20° westlich von Paris liegt.

Häufig gebrauchen als Hauptmeridian: die Franzosen den der Sternwarte von Paris (+ 20° von Ferro), die Deutschen den Berliner (+ 31° 3·5′)

§. 29. Bestimmung der geographischen Lage.

1) Die geographische Breite eines Ortes ist stets gleich der Polhöhe seines Horizonts; ihre Bestimmung reduzirt sich somit auf §. 16. oder §. 21, 1.

(Fig. 12.)



Bezeichnet nämlich (Fig. 12.) der kleinere Kreis die Erd-, der größere die Himmelskugel, C ihren gemeinsamen Mittelpunkt, HR den (wahren) Horizont des Punktes B, also Z sein Zenith, dann AQ und FG den Himmels- und Erdäquator, also BF die Breite und PR die Polhöhe von B; so ist

$$\text{arc } AZ + PZ = PZ + PR = 90^0 \text{ ; also}$$
$$AZ = PR \text{ , oder}$$
$$BF = PR \text{ ,}$$

da arc $AZ = \measuredangle\, ACZ =$ arc BF ist (Geom. §. 60.).

2) Zur Bestimmung der geographischen Länge (oder vielmehr der Längendifferenz zweier Orte) dient als Hauptmittel die Zeit. Jedes Gestirn beschreibt seinen Tageskreis in 24 Stunden, legt somit in jeder Stunde $360^0 : 24 = 15^0$ und daher in 4 Minuten 1^0 zurück. Geht demnach z. B. die Sonne jetzt durch unsern Meridian, so war sie vor 4′ im Meridian eines um $1^0 = 15 . 4'$ östlicher gelegenen Ortes [1]) ꝛc. ꝛc. Mittel zur Längenbestimmung sind demnach:

a) genau gehende Uhren (Chronometer [2]), d. i. Zeitmesser), mittelst welcher aus dem Zeitunterschiede, der zwischen ihnen, wenn

---

oder den Wiener ($+ 34^0 2 \cdot 6$), die Engländer den von Greenwich ($+ 17^0 39 \cdot 6'$), die Amerikaner den von Waſſington ($- 59^0 21 \cdot 5$) ꝛc. ꝛc.

1) Daher kommt es, daß diejenigen, welche eine Reise um die Erde machen, einen ganzen Tag gewinnen oder verlieren, jenachdem sie ost- oder westwärts gehen.

2) Uhren, die sich ohne Störung ihres Ganges von einem Orte an einen andern transportiren lassen, und daher für eine Reise zur See von höchster Wichtigkeit sind (Problem der Meereslänge).

Im Jahre 1761 übergab der Engländer Harrison (geb. 1693 zu

jede nach ihrem Orte richtig geht, Statt findet, die Längendifferenz sich ergibt, welche immer das 15fache des Zeitunterschiedes ist;

b) solche Erscheinungen am Himmel, welche an zwei Orten zugleich gesehen werden können, oder bei denen der Zeitunterschied ihres Eintretens sich der Rechnung unterziehen läßt. Dahin gehören Finsternisse, Bedeckungen von Fixsternen durch den Mond, Verfinsterung eines Trabanten durch seinen Hauptplaneten, die Lage bekannter Sterne gegen den Mond ꝛc. ꝛc.;

c) bei weniger entfernten Orten gebraucht man auch sogenannte Blickfeuer, Feuer- oder Pulversignale (Leuchtkugeln, Raketen).

§. 30. Eintheilung der Erdbewohner nach Lage und Schatten.

1) In Hinsicht auf ihre gegenseitige Stellung nennt man von den Bewohnern der Erde diejenigen

a) Nebenwohner (σύνοικοι), welche auf demselben Parallelkreise einander diametral gegenüber sich befinden, also gleiche Breite, aber um 180⁰ verschiedene Länge haben;

b) Gegenwohner (ἄντοικοι), welche unter demselben Meridian und gleicher aber entgegengesetzter Breite wohnen;

c) Gegenfüßler oder Antipoden (ἀντίποδες), welche an den entgegengesetzten Endpunkten eines Erddurchmessers sich befinden; also gleiche aber entgegengesetzte Breite und um 180⁰ verschiedene Länge haben. [1])

2) In Beziehung auf den Schatten, den die Erdbewohner am Mittage werfen, nennt man sie

---

Foulby in Yorkshire, gest. 1776, seines frühern Gewerbes ein Zimmermann) dem Parlamente eine Seeuhr (time-keeper, Zeithalter), und erhielt die Hälfte des von der Regierung dafür ausgesetzten Preises von 20,000 Pfd. Sterling, später nach Cooks Entdeckungsreisen 1772—1775 den Rest. Nach Harrison, welcher sonach der Erfinder der Chronometer ist, wurden solche von Berthoud, le Roy, Emery, Dent, Breguet, Kessels ꝛc. ꝛc. von vorzüglicher Güte verfertigt.

1) Diese Eintheilung der Erdbewohner rührt wahrscheinlich von Geminus her.

a) Unschattige (ἄσκιοι), wenn sie die Sonne im Zenith haben, was bei allen Bewohnern der heißen Zone jährlich zweimal der Fall ist; eben diese sind die übrige Zeit des Jahres zweischattig (ἀντίσκιοι), weil ihr Schatten theils nach Norden, theils nach Süden fällt;

b) Einschattige (ἑτερόσκιοι), wenn ihr Schatten immer nur nach einer Richtung hin fällt; dahin gehören alle Bewohner der gemäßigten Zonen;

c) Umschattige (ἀμφίσκιοι oder περίσκιοι), wenn ihr Schatten nach allen Richtungen hin fällt, was bei den Bewohnern der Polarzonen der Fall ist, wenn ihnen die Sonne gar nicht untergeht. [1])

Zus. Daß unsere Nebenwohner und Antipoden, die doch unter uns sind, nicht von der Erde wegfallen, hat seinen Grund in der Anziehung derselben, vermöge welcher sie alles, was in ihr Bereich gehört, festhält. Die Lage unten und oben ist nur relativ; was über unserm Haupte ist, heißen wir oben, was unter den Füßen, unten, überall aber stehen wir mit den Füßen auf der Erde, haben also diese unten und das Himmelsgewölbe oben, weil über unserm Haupte.

§. 31. Wahre Gestalt der Erde, Größe der Abplattung.

1) Die Erde hat zwar im Allgemeinen die Gestalt einer Kugel, ist jedoch keine vollkommene Kugel, sondern an den Polen abgeplattet, am Aequator dagegen erhoben, so daß also die Erdachse (der Polardurchmesser) etwas kürzer ist, als der Durchmesser des Aequators, wodurch die Erde die Form eines sogenannten elliptischen Sphäroides erhält.

2) Daß die Erde die Gestalt einer abgeplatteten Kugel habe, ging aus folgenden Gründen hervor:

a) die Abplattung anderer Planeten, welche bei einigen sehr bedeutend ist, macht es wahrscheinlich, daß auch die Erde abgeplattet sei (Analogie);

---

1) Diese Unterscheidung hat Posidonius aus Apamea, mit dem Beinamen Rhodius, der 49 v. Chr. zu Rom gestorben sein soll, zum Urheber.

b) Meridiangradmessungen haben ergeben, daß man in den nördlichen (Polar=) Gegenden der Erde eine größere Strecke zurücklegen mußte, als am Aequator, bis ein Fixstern seine Zenithdistanz (oder Höhe) um eine bestimmte Größe (z. B. 1°) änderte, was bei vollkommener Kugelgestalt nicht Statt finden würde; [1])

c) Pendelversuche haben gezeigt, daß das Pendel einer Uhr, welches an einem Orte mittlerer Breite (z. B. Paris) genau in einer Sekunde eine Schwingung machte (Sekunden schlug), am Aequator verkürzt, in den Polargegenden verlängert werden mußte, um das Gleiche zu thun. [2]) Diese Erscheinung ist eine Folge der Anziehungskraft der Erde, mit welcher sie auf alle Körper in der Richtung nach ihrem Centrum wirkt, und zwar um so stärker, je näher der Körper dem Mittelpunkte der Anziehung ist. Wäre die Erde eine vollkommene Kugel, so müßte die Anziehung allenthalben dieselbe sein, also dasselbe Pendel überall gleich schnell schwingen, und daher einer Verkürzung, um schneller oder einer Verlängerung, um langsamer zu gehen nicht bedürfen.

3) Als mittlere Größe der Abplattung hat man in runder Zahl $\frac{1}{300}$ gefunden, d. h. die Erdachse ist um den 300ten Theil des Aequatordurchmessers kürzer als dieser; beide verhalten sich somit zu einander, wie 299 ÷ 300.

---

1) Von den zahlreichen Messungen, die in den meisten Ländern Europas, dann in Indien, am Cap, in Süd= und Nordamerika ausgeführt wurden, sind die berühmtesten die peruanische am Aequator und die nordische bei Tornea (am bottn. Meerbusen) 1735 und 1736. Erstere machten Bouguer und Condamine, und fanden die Länge eines Grades = 56753 Toisen (französische Klafter à 6 Pariserfuß), die letztere Maupertuis und Clairaut in Verbindung mit dem schwedischen Gelehrten Celsius, und diese ergab für einen Grad 57437 Toisen, also um 684 Toisen mehr, als die peruanische. Die größte Messung ist die französische, die sich über nahezu 12·5° erstreckt, von Méchain und Délambre (1792) begonnen und von Biot und Arago (1806) vollendet wurde.

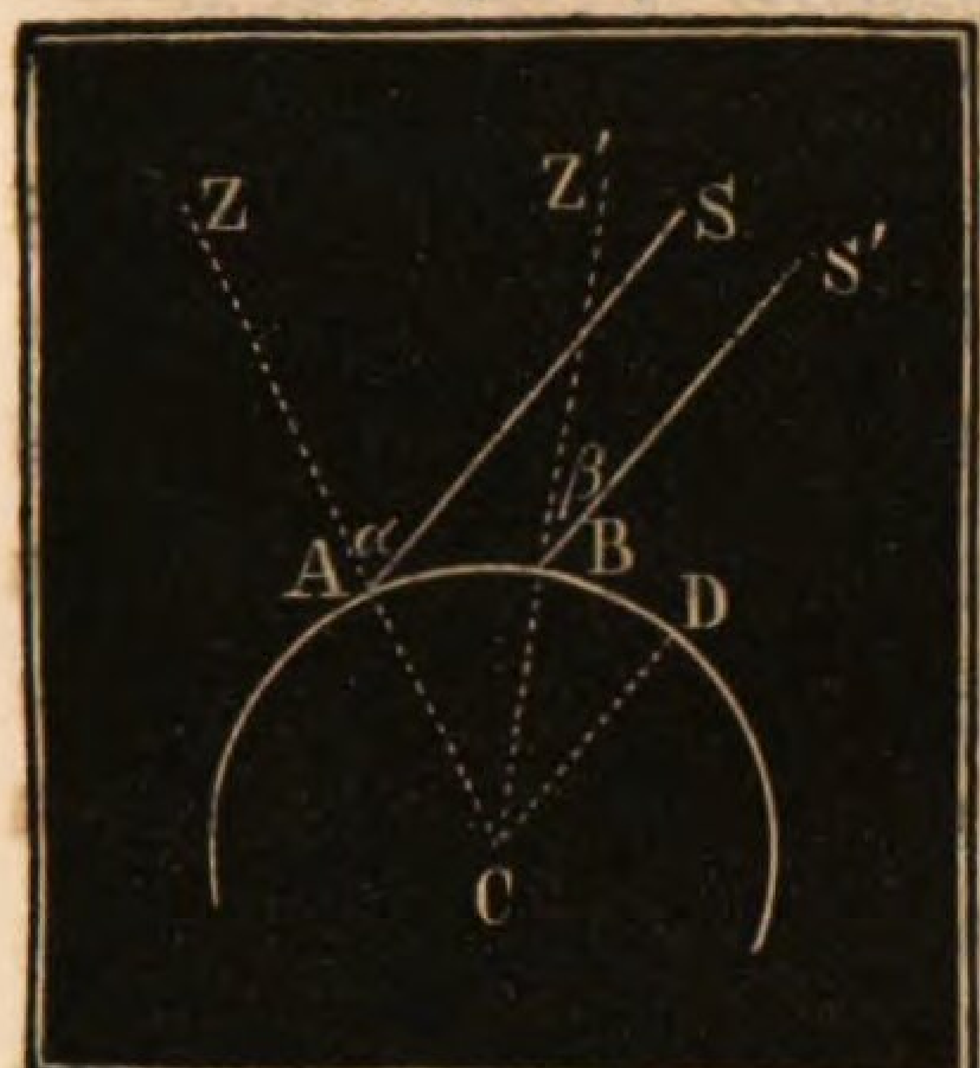
2) Man erhält die Länge (L) des Sekundenpendels für einen Ort, dessen Breite (φ) bekannt ist, in Pariserlinien (nach Baumgartner) aus der Formel:

$$L = 439{\cdot}2066 + 2{\cdot}3862 \,.\, \sin^2 \varphi \,.$$

§ 32. Größe der Erde.

1) Um die Größe unseres Erdkörpers bestimmen zu können, genügt es, da eine direkte Messung des Halbmessers oder des ganzen Umfanges unmöglich ist, ein Stück eines größten Kreises (z. B. einen Meridianbogen) genau im Gradmaße und seiner Längenausdehnung nach (in Bezug auf ein bestimmtes Längenmaß) zu kennen.

(Fig. 13.)



Beobachtet man (Fig. 13.) an zwei Orten von gleicher Länge (A und B) die Zenithdistanzen (α und β) ein und desselben Fixsterns S, so können die Gesichtslinien AS und BS' als parallel angenommen werden (§. 24, 2), und man hat dann, wenn noch CD ‡ AS ‡ BS' gezogen wird,

$\measuredangle$ ACB = ACD — BCD = $\alpha - \beta$ (Geom. §. 45, II.);

daher auch arc AB = $\alpha - \beta$ (Geom. §. 60.).

Die Messung des Bogens AB geschieht entweder direkt mittelst Meßketten oder Meßlatten, oder sicherer durch eine Reihe zusammenhängender Dreiecke (Triangulirung), welche Methode der Holländer Willibrord Snellius gezeigt und angewendet hat (1615).

Auf diese Weise fand sich für $\measuredangle$ ACB = arc AB = 1^0 eine Länge von 57106·35 Toisen, welche in 15 gleiche Theile getheilt wurde, deren jeder eine geographische Meile genannt wird, und 3807·09 Toisen = 7420·17 Meter = 22842·54 Pariserfuß beträgt. [1])

2) Da der Umfang eines größten Kreises 360^0 enthält, und jeder Grad 15 Meilen hat, so wird

a) der Umfang der Erde p = 360.15 = 5400 Meilen betragen; hieraus folgt

1) Die älteste bekannte Messung des Erdumfanges ist von Eratosthenes, der die Polhöhen von Alexandria und Syene maß, ihre Breitendifferenz zu $7^0\ 12'$ bestimmte, und ihre Entfernung nach Reiseberichten zu 5000 Stadien annahm. Ebenso ungenügend war die Messung des Posidonius, der den Erdumfang = 24000 Stadien setzte. Die erste eigentliche Messung ließ der Kalif Almanum (827) in der Wüste Singar am arabischen Meerbusen vornehmen. (Vgl. pag. 30, Note 1.)

b) der **Durchmesser** $d = p : \pi = 5400 : 3{\cdot}1416 = 1718{\cdot}87$ Meilen, also der **Radius** $r = 859{\cdot}44$ Meilen; [1])

Wird die Abplattung $= 1 : 300$ gesetzt, so ergibt sich

c) die **Erdachse** (b) um 5·73 Meilen kürzer als der Aequatorialdiameter, mithin $b = 1713{\cdot}14$ Meilen;

Betrachtet man ferner die Erde als eine Kugel, deren Durchmesser (δ) das arithmetische Mittel zwischen dem Aequatorial- und Polardiameter, also $= 1716$ Meilen ist, so wird

d) der **Umfang eines Meridians** $m = \delta\pi = 5391$ Meilen;

e) die **Oberfläche** $f = \delta p = 9266400$ Quadratmeilen. Hievon treffen α) auf die heiße Zone 3695000, β) auf die beiden gemäßigten 4803000, und γ) auf die beiden kalten 768400 □ Meilen; [2])

f) der **körperliche Kubikinhalt** oder das **Volumen** $v = \frac{1}{6}\delta \,.\, f = 2650190400$ Kubikmeilen. [3])

Wird endlich das spezifische Gewicht der Erde zu 5·5 angenommen, so findet man

g) das (absolute) **Gewicht** der Erdkugel nahezu $= 12$ Quadrillionen Zollpfund.

§. 33. Darstellung der Erde.

Die künstliche Darstellung der Erde geschieht bekanntlich entweder durch einen **Erdglobus** (Erdkugel) oder auf einer ebenen Fläche (Papierebene) durch geographische **Karten**.

---

1) Vgl. Geom. §. 254, Zus. 1. — Den Radius (ϱ) und Umfang (u) eines Parallelkreises der Erde unter einer gegebenen Breite (φ) findet man aus den Gleichungen:

a) $\varrho = r \,.\, \cos\varphi$ und b) $u = 5400 \,.\, \cos\varphi$.

2) Vgl. Geom. §. 367, Zus. 2. — Der Flächeninhalt (z) einer Zone zwischen den Breiten φ und ψ (wobei $\varphi > \psi$) ergibt sich aus der Gleichung:
$z = 4r^2\pi \,.\, \cos\frac{1}{2}(\varphi+\psi) \,.\, \sin\frac{1}{2}(\varphi-\psi) = f \,.\, \cos\frac{1}{2}(\varphi+\psi) \,.\, \sin\frac{1}{2}(\varphi-\psi)$,
indem $4r^2\pi = f$ ist (Geom. §. 367.).

3) Genauer findet sich der Inhalt eines elliptischen Sphäroids, wenn a und b seine große und kleine Achse (Aequator- und Polardurchmesser) bezeichnen, aus $v = \frac{1}{6}a^2b\pi$.

1) Der **Erdglobus** ist eine Kugel,[1]) auf deren Oberfläche die Erdoberfläche und insbesondere die in §. 25. angeführten Punkte und Linien entworfen sind, wodurch ein Liniennetz entsteht, in welches die verschiedenen Theile derselben eingetragen werden. Die Kugel ist um zwei in den Polen eingesteckte Stifte innerhalb eines messingenen Ringes (der **allgemeine Meridian** oder **Mittagsring** genannt), welcher entweder vom Aequator gegen die Pole, oder von diesen gegen den Aequator 4mal in 90° getheilt ist, drehbar. Auf dem allgemeinen Meridian ist am Nordpol ein kleinerer Kreis (der **Stundenring** oder **Stundenkreis**, auch die **Rose** genannt) befestigt, dessen Umfang in 24 gleiche Theile getheilt ist, die zweimal mit den Zahlen 1 bis 12 in der Art bezeichnet sind, daß die Zahlen 12 sich diametral gegenüberstehen. Auf diesem Kreise dreht sich mit der Kugel ein an den Stift des Nordpols angesteckter Zeiger (**Index**). Die Kugel selbst mit dem Meridian paßt in ein hölzernes Gestelle, welches den (wahren) **Horizont** repräsentirt, dessen Ebene somit durch den Mittelpunkt der Kugel geht und die Zeichen des Thierkreises, die 12 Monate des Jahres sammt ihrer Eintheilung in Tage und die Himmelsgegenden (eine Windrose) enthält. [2]) Bessere Globen haben noch einen sogenannten **Höhenquadranten**, d. i. einen Streifen von Messingblech, der an eine beliebige Stelle des allgemeinen Meridians angeschraubt und an die Kugel angelegt werden kann, von deren Umfang seine Länge den vierten Theil beträgt, welcher in 90° getheilt ist; ferner einen **Kompaß**, um den Globus richtig nach den Weltgegenden stellen zu können.

---

1) Die Abplattung wird nicht berücksichtigt, da sie bei einem Globus von 12 Zoll Durchmesser noch nicht ganz eine halbe Linie betrüge. Noch weniger kann die Erhebung über die Meeresfläche ausgedrückt werden. Deßhalb ist auch bei sogenannten **Reliefgloben** das richtige Verhältniß zwischen den Berghöhen und dem Erdradius stets überschritten.

2) Bei einer künstlichen Erdkugel, wenn sie für den Gebrauch bequem sein soll, darf der Durchmesser die Länge von 1·5 Fuß nicht wohl überschreiten. Daher können auf einem Globus auch nur die Hauptumrisse der Kontinente, die Lage der größern Inseln, die Grenzen und Hauptstädte der bedeutendern Länder, sowie auch die wichtigsten Gebirgszüge und Ströme angezeigt werden.

2) Um kleinere oder größere Theile der Erdoberfläche auf der Ebene des Papiers (auf Landkarten) darzustellen, bedient man sich der geographischen Projektionen. Man versteht darunter die verschiedenen Methoden, die Umrisse einer Kugelfläche auf eine Ebene überzutragen. Die geographischen Projektionen lassen sich in zwei Hauptklassen eintheilen: a) freie (nicht perspektivische) und b) perspektivische. Bei den erstern schneiden sich die Meridiane und Parallelen in rechten Winkeln, und ihre Zeichnung beruht auf gewissen geometrischen Prinzipien. Die bemerkenswerthesten sind die Projektionen von Merkator (Gerhard Kaufmann von Ruremonde 1550), von de l'Isle und Bonne.

Die perspektivischen Projektionsarten [1]) sind dreifacher Art: a) stereographische, b) centrale und c) orthographische, jenachdem der Augepunkt (Standpunkt des Zeichners) in einem Punkte der Oberfläche oder im Centrum der als hohl und durchsichtig gedachten Erdkugel, oder in unendlicher Entfernung von derselben angenommen wird.

Jede von diesen Projektionen wird wieder Polar-, Aequatorial- oder Horizontalprojektion genannt, jenachdem ein Pol oder ein Punkt des Aequators oder ein anderer zwischen Pol und Aequator die Mitte des zu entwerfenden Bildes auf der Projektionsebene einnimmt.

Die stereographische Polarprojektion setzt das Auge in den einen Pol, in die Mitte des Bildes kommt der andere, die Projektionsfläche ist die Ebene des Aequators, die Parallelen werden Kreise, welche conzentrisch um den Nordpol laufen, und die Meridiane gerade Linien, die vom Nordpole ausgehen.

Bei der stereographischen Aequatorialprojektion (welche im Allgemeinen den Vorzug verdient und bei Planigloben angewendet ist) befindet sich das Auge in einem Punkte des Aequators, Mittelpunkt der Karte wird also der dem Augepunkte diametral gegenüberliegende Aequatorpunkt und Projektionsebene die auf jenen Diameter senkrechte Meridiankreisebene. Der Aequator und der durch den Mittelpunkt der Karte gehende Meridian erscheinen als gerade

---

1) Unter perspektivischer Projektion versteht man im Allgemeinen die Art der Darstellung sichtbarer Gegenstände auf durchsichtigen ebenen Tafeln für einen entfernten Beobachter, in dessen Auge die von verschiedenen Punkten jener Objekte ausgehenden Lichtstrahlen sich vereinigen.

Linien, um welche die übrigen Parallelkreise und Meridiane in stets abnehmenden Kreisen herumliegen.

Bei der stereographischen Horizontalprojektion verhält es sich ähnlich. Augepunkt ist gewöhnlich das irdische Nadir des Centrums der zu entwerfenden Karte, also Projektionsebene der (wahre) Horizont jener Punkte. Nur der mittelste Meridian der Karte und jener Parallel, welcher so weit vom Aequator absteht, als die Polhöhe für die Karte angenommen ist, werden hiebei gerade, alle übrigen krumme Linien.

Die Centralprojektion setzt das Auge in den Mittelpunkt der beobachteten Kugel, und entwirft das Bild auf eine berührende Ebene. Sie wird wie die orthographische, bei welcher das Auge in unendlicher Entfernung gedacht wird, also die zu zeichnende Kugel als Scheibe erscheint, fast ausschließlich nur zu astronomischen Zwecken (Zeichnung von Stern- oder Himmelskarten) angewendet.

III. Kapitel. Die Erde in Bewegung.

§. 34. Tägliche Bewegung der Erde.

Um die tägliche Bewegung aller Gestirne zu erklären, bieten sich zwei Hypothesen dar: entweder a) es dreht sich die ganze Himmelskugel in gleichförmiger Bewegung von Ost gegen Westen um die ruhende Erde; oder b) die Gestirne sind unbeweglich, und die Erde ist es, die sich in 24 Stunden mit voller Gleichförmigkeit um ihre Achse von Westen gegen Osten dreht. Für die erstere Annahme spricht der Anschein, aber auch nur dieser; letztere, welche schon Heraklides Pontikus (330 v. Chr.), Aristarch von Samos (260 v. Chr.), sowie auch indische Weltweise (Brahmagupta und Aryabatta, 1320) ausgesprochen, ist jetzt allgemein als die richtige angenommen, nachdem Copernikus [1]) entscheidende Gründe dafür angeführt hat.

---

1) Nicolaus Copernikus (eigentlich Köpernik), der Sohn eines aus Warschau stammenden Wundarztes wurde zu Thorn (in Preußen) am 19. Februar 1473 geboren, studirte in Leipzig, Wien und Krakau (wo er zum Doktor der Medizin promovirt wurde). Neben dem Studium der Medizin betrieb er eifrig Mathematik und Astronomie, weßhalb er 1496

Für die tägliche Bewegung der Erde, gewöhnlich Achsendrehung, rotirende oder Rotationsbewegung genannt, sprechen folgende theils indirekte, theils direkte Gründe:

1) Die Unwahrscheinlichkeit der täglichen Umwälzung des ganzen Himmels. Rotirt die Erde, so ist die Geschwindigkeit eines Aequatorpunktes für eine Sekunde ungefähr $\frac{1}{16}$ Meile oder 1728 Pariserfuß; dagegen müßte in derselben Zeit ein Himmelskörper, der nur 20·7 Millionen Meilen entfernt ist, über 1500 Meilen zurücklegen;

2) die Analogie der übrigen Planeten, bei welchen seit Erfindung der Fernröhren außer Zweifel gesetzt ist, daß sie sich um ihre Achse drehen;

3) die Anziehung der Erde. Die Gestirne schweben frei im Weltraume; daher müßte ihre Bewegung um die Erde durch eine von dieser ausgehende Centralkraft [1]) hervorgerufen werden, die ihren Sitz im Erdmittelpunkte hätte, und deren Stärke mit der Entfernung zunehmen müßte, weil auch die entfernten Himmelskörper ihre Bahnen in 24 Stunden durchlaufen, was aber den bekannten Naturgesetzen widerspricht;

---

nach Bologna ging, um Dominikus Maria zu hören. 1500 kam er nach Rom und lehrte daselbst Mathematik. Später in sein Vaterland zurückgekehrt, wurde er Domherr zu Frauenburg, wo er bis zu seinem Tode am 24. Mai (nach andern 11. Juni) 1543 blieb. Er war von der Wahrheit seiner Ansicht bereits 1507 überzeugt; 1530 vollendete er sein Werk über dieselbe (De orbium coelestium revolutionibus Libri VI.), welches jedoch erst 1543 zu Nürnberg gedruckt, und ihm auf dem Todbette noch überreicht wurde. Sein Name ist weltbekannt, seine Gebeine ruhen im Dome zu Frauenburg. — Drei Regeln hat sich Kopernikus selbst zur Richtschnur festgesetzt und strenge befolgt: 1) Vor Allem seine gottesdienstlichen Obliegenheiten zu erfüllen, 2) keinem Armen seinen Beistand zu versagen, der von ihm als Arzt Hilfe verlangte und 3) alle übrige Zeit dem Studium zu widmen.

1) Zwei Kräfte, welche auf einen in Bewegung sich befindenden Körper so wirken, daß die eine ihn beständig nach ein und demselben Mittelpunkte zieht, während ihn die andere in gerader Linie forttreiben würde, werden Centralkräfte genannt, und zwar die erstere Centripetalkraft, die andere Schwung- oder Centrifugalkraft. (Als einfaches Beispiel dient ein an einem Faden im Kreise geschwungener Stein.)

4) die Abplattung der Erde, welche eine Folge der Schwung- oder Centrifugalkraft ist, die am Aequator, weil hier die Rotationsgeschwindigkeit am größten ist, eine größere Anhäufung der Erdtheile bewirkt;

5) die beständigen Passat- oder Handelswinde (Ostwinde) in der Gegend des Aequators. An der Rotation der Erde nimmt auch die dieselbe allenthalben umgebende Atmosphäre Antheil. Nun steigt die am Aequator mehr erhitzte Luft in die Höhe und fließt in den höhern Regionen gegen die Pole hin ab, dagegen strömt in den untern Regionen von den Polen her kalte Luft zu, welche geringere Rotationsgeschwindigkeit hat, also gegen den schneller sich bewegenden Aequator zurückbleibt, und daher von Osten (mehr Nord- und Südost) zu wehen scheint;

6) die östliche Abweichung von Körpern, die von beträchtlicher Höhe herabfallen. Bei der Achsendrehung der Erde bewegt sich die Spitze eines hohen Gegenstandes (z. B. eines Thurmes) schneller als sein Fuß; der herabfallende Körper behält aber während des Fallens die Geschwindigkeit der Spitze bei, und eilt deßhalb dem Fuß des Thurmes voraus; [1])

7) der Foucault'sche Pendelversuch. Befestigt man einen Draht, an welchem eine schwere Kugel hängt, an einem möglichst unbeweglichen Punkte, und setzt dieses Pendel in Schwingung, so bleibt es stets in derselben Schwingungsebene. Gesetzt nun, dasselbe schwinge anfangs in der Richtung einer geraden Linie, so muß es, wenn die Erde ruht, stets diese Richtung einhalten; allein bald zeigt sich eine Abweichung, die nach und nach immer größer wird (und zwar um so rascher, je größer die geographische Breite des Ortes ist), und nur darin ihre Erklärung findet, daß die Linie mit

---

1) Die ersten Versuche dieser Art machte Guglielmini (um 1790) auf dem Thurm Asinelli zu Bologna, jedoch ohne entscheidendes Resultat. Erst 1801 wurde ein solches von Benzenberg im Michaelisthurme zu Hamburg bei einer Fallhöhe von 235 Fuß, und 1803 in einem Kohlenschachte zu Schlebusch, in der Mark, bei einer Fallhöhe von 260′ erzielt.

Man findet die Größe der Abweichung (a) in Pariserlinien, wenn h die Fallhöhe, φ die Breite des Ortes bezeichnet, aus der Gleichung
$a = 0{\cdot}00183 \,.\, \cos\varphi \,.\, h\sqrt{h}$.

der ganzen rotirenden Erde sich von der Schwingungsfläche des Pendels nach Osten zu entfernt. [1])

Zus. Daß wir die Rotation der Erde nicht unmittelbar wahrnehmen, liegt darin, daß die uns umgebenden Gegenstände ihre gegenseitige Lage unverändert beibehalten, und die frei im Weltraum schwebende Erde sammt der sie umgebenden Atmosphäre sich ganz gleichförmig bewegt. (So scheinen auch dem Passagier eines auf glatter Wasserfläche schnellsegelnden Schiffes die Gegenstände am Ufer sich zu bewegen.)

§. 35. Jährliche Bewegung der Erde.

Nebst der Behauptung, daß die Erde sich um ihre Achse drehe, wurde von Copernikus auch noch die weitere ausgesprochen und auf wissenschaftliche Art begründet, daß nicht die Sonne sich um die Erde, sondern vielmehr die Erde im Laufe eines Jahres von West gegen Osten (also nach der Ordnung der Himmelszeichen) sich um die stille stehende Sonne bewege. Diese Hypothese des Copernikus ist jetzt als die richtige, ja sogar einzig mögliche allgemein anerkannt. [2])

Man nennt die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne ihre fortschreitende, transferirende oder Revolutionsbewegung. Für dieselbe spricht:

1) Die Analogie der übrigen Planeten, bei denen ihre verschiedene scheinbare Größe, ihr Vorbeigehen an der Sonne, ihr Verschwinden hinter derselben u. s. f. keinen Zweifel an ihrer Bewegung um die Sonne übrig läßt, so wie auch insbesondere ihr

---

1) Foucault wendete zu seinen Versuchen im Pantheon zu Paris eine Metallkugel an, welche 56 Pfund wog und an einem 223′ langen Draht hieng. — Die Schwingungsebene des Pendels würde nur an den Polen in 24^h scheinbar eine volle Umdrehung von 360^0 machen, unter einer andern Breite beschreibt sie einen Bogen (b), dessen Größe sich (in Graden) durch $b = 360 . \sin \varphi$ bestimmen läßt.

2) Schon Aristarchus (220 v. Chr.) behauptete die Bewegung der Erde um die Sonne; seine Lehre fand jedoch selbst bei den Gelehrten keine allgemeine Annahme.

scheinbar sehr unregelmäßiger Lauf nur durch die Copernikanische Hypothese [1]) einfach und genügend erklärt werden kann (vgl. §. 77.);

2) das **Größenverhältniß von Erde und Sonne**. Man weiß bestimmt, daß die uns so klein erscheinende Sonne fast $1\frac{1}{2}$ Millionenmal so groß als die Erde ist; dadurch wird es sehr unwahrscheinlich, daß dieser ungeheure Körper sich um die verhältnißmäßig winzige Erde schwingen sollte. — Ein direkter Beweis ist endlich

3) die **Aberration** oder **Abirrung des Lichtes** (entdeckt von **Bradley** [2]) 1725—1727). Man versteht darunter eine kleine Ortsveränderung, die ein Fixstern im Laufe eines Jahres zu erleiden scheint, indem er um seinen wahren Ort einen kleinen Kreis von 40·5″ scheinbarem Durchmesser, also 20·25″ Radius (der **Aberrationswinkel** genannt) beschreibt. Diese Erscheinung findet nur in der transferirenden Bewegung der Erde ihr genügende Erklärung, indem sie eine Folge von dieser und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist.

Zus. Es gibt also keine Sonnenbahn (§. 18.), sondern eine Erdbahn, die Ekliptik, in deren Ebene die Mittelpunkte der Sonne und der Erde liegen.

§. 36. Gestalt der Erdbahn.

1) Der unmittelbaren Beobachtung zufolge scheint die Erdbahn ein Kreis zu sein, in dessen Mittelpunkt sich die Sonne befindet. Dafür wurde sie auch von Copernikus gehalten; allein gegen diese Annahme streiten:

a) die scheinbare Größe der Sonne, welche zu verschiedenen Zeiten verschieden ist, indem dieselbe zwischen 32·6′ und 31·5′ wechselt, was offenbar bei stets gleichem Abstande der Erde von ihr nicht der Fall sein könnte;

b) die Ungleichförmigkeit in der scheinbaren Bewegung der Sonne,

1) Diese scheinbare Regellosigkeit war es hauptsächlich, welche den Copernikus zur Annahme der Bewegung der Erde um die Sonne bestimmte.

2) **James Bradley**, 1692 zu Schirnborn in England geboren, studirte in Oxford Theologie und wurde Prediger; später wandte er sich der Astronomie zu, und ward 1721 Professor derselben in Oxford. 1741 wurde er königlicher Astronom zu Grenwich (Halley's Nachfolger) und starb daselbst am 13. Juli 1762.

welche bei der Kreisbewegung nach den Gesetzen der Mechanik gleichförmig, d. i., so beschaffen sein müßte, daß stets in gleichen Zeiten gleiche Wege durchlaufen würden. Dem ist aber nicht so; denn ihre täglich am Himmel beschriebenen Bogen sind bald größer, bald kleiner, und schwanken zwischen 61′10·3″ (im Wintersolstiz) und 57′11·5″ (im Sommersolstiz).

2) Nimmt man an, daß die Erdbahn zwar ein Kreis sei, aber ein exzentrischer, d. h., daß die Sonne nicht im Mittelpunkte desselben stehe, so müßten die Produkte aus den berechneten Entfernungen der Erde von der Sonne in zwei einander in gerader Linie gegenüber liegenden Punkten der Bahn stets gleich sein (Geom. §. 225.), z. B. es müßte das Produkt der Entfernungen in den beiden Solstitien gleich dem in den Aequinoktien sein, dieß trifft aber nicht zu; also ist die Erdbahn auch kein exzentrischer Kreis, muß daher eine andere (dem Kreise ähnliche) Kurve sein.

3) Genaue Beobachtungen und mühsame Berechnungen haben endlich zu folgenden Resultaten geführt:

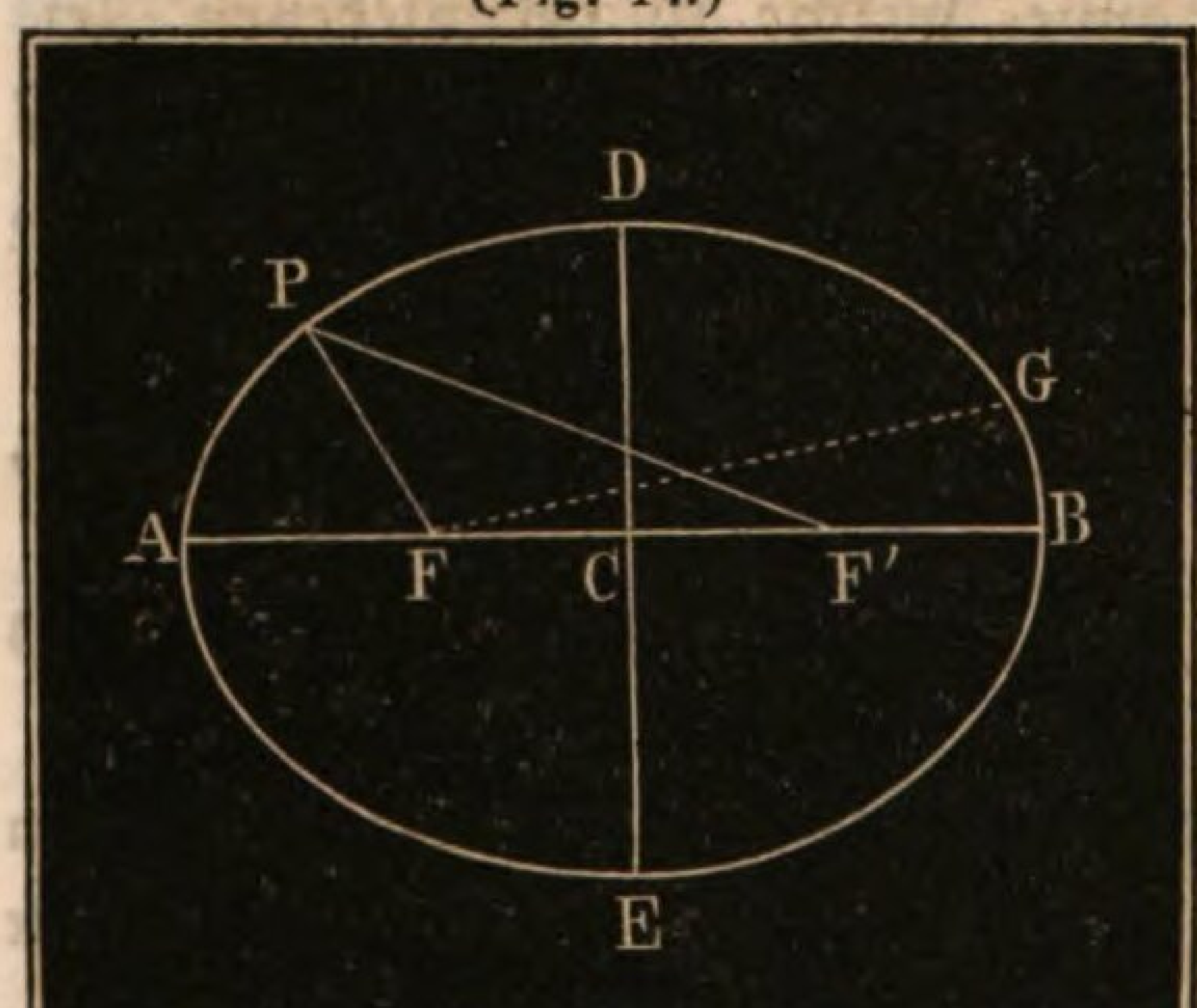
a) die Erdbahn ist eine Ellipse [1]), in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt der Sonne sich befindet;

b) die Bewegung der Erde in derselben ist von der Art, daß in

---

1) Man versteht unter Ellipse eine in sich selbst zurückkehrende Linie von der Beschaffenheit, daß die Summe der Entfernungen eines jeden Punktes derselben von zwei bestimmten (festen) Punkten unveränderlich ist. Ist z. B. (Fig. 14.) PF + PF′ = AF + AF′ = BF + BF′, so ist die Kurve ADBEA eine Ellipse. In derselben heißen F und F′ die Brennpunkte, AB die große Achse oder Apsidenlinie, der Halbirungspunkt C von AB oder FF′ der Mittelpunkt, und die in C auf AB gezogene Senkrechte DE die kleine Achse, CF = CF′ die Exzentrizität, die Linien PF und PF′ Zuglinien oder Vectoren, und die von zwei Vectoren und dem zwischen ihnen liegenden elliptischen Bogen eingeschlossene Fläche, z. B. AFP oder AFP ein Sektor. Eine Ellipse ist durch ihre große Achse und Exzentrizität bestimmt. Haupteigenschaft derselben ist, daß die Summe der

(Fig. 14.)



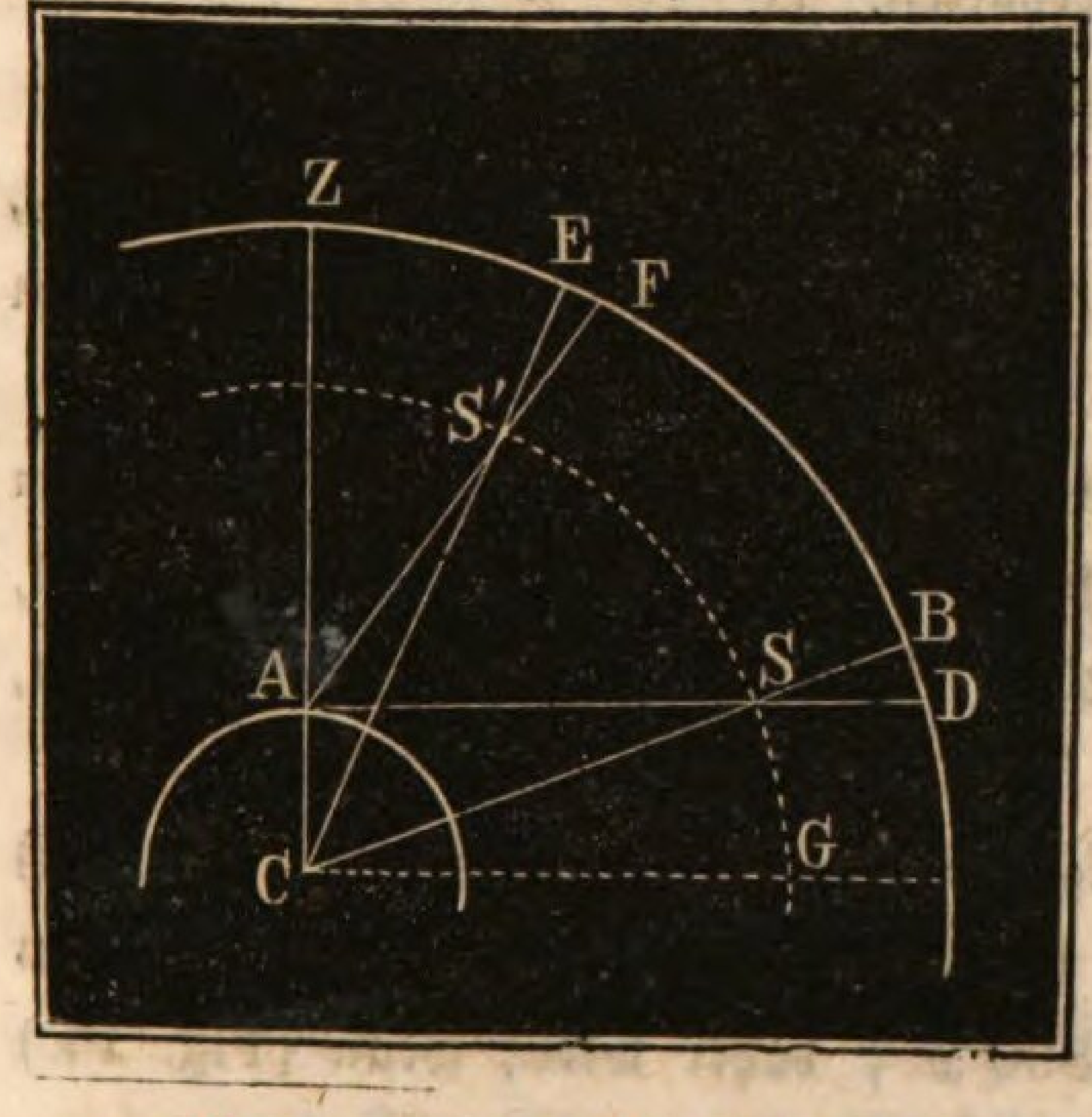
gleichen Zeiten gleiche Sektoren (Flächenausschnitte) der Ellipse beschrieben werden. [1])

4) Jener Punkt der Erdbahn, in welchem die Erde der Sonne am nächsten ist, wird Perihelium (Sonnennähe), der entgegengesetzte, in welchem sie ihr am fernsten steht, das Aphelium (Sonnenferne) genannt. Diese Punkte sind die Endpunkte der großen Achse oder Apsidenlinie, weßhalb man sie auch Apsiden [2]) nennt.

§. 37. Parallaxe und Entfernung der Sonne, Länge der Erdbahn.

1) Zur Bestimmung der Entfernung eines Himmelskörpers von der Erde ist es nöthig, die sogenannte Parallaxe [3]) desselben zu kennen. Man versteht darunter den Gesichtswinkel (oder die scheinbare Größe), unter welchem von einem Gestirn aus entweder der Radius der Erde oder (wenn dieser im Verhältnisse zur Entfernung zu klein ist) der Halbmesser der Erdbahn gesehen wird. Erstere nennt man die tägliche, letztere die jährliche Parallaxe. Die tägliche heißt ferner Horizontalparallaxe, wenn das Gestirn eben im Horizont eines Beobachters steht, wenn über demselben, Höhenparallaxe.

(Fig. 15.)



Ist (Fig. 15.) AC der Erdradius S und S′ ein Gestirn, so ist ∡ ASC die tägliche Horizontal- und AS′C seine Höhenparallaxe; ist dagegen in C die Sonne, in A die Erde, also AC der Radius der Erdbahn, so ist ∡ ASC die jährliche Parallaxe des Sterns S.

2) Durch wiederholt mit größter Sorgfalt angestellte Beobachtungen und Berechnungen fanden die Astronomen die mittlere Hori-

Vectoren eines Punktes stets gleich ist der großen Achse. (Mechanische Zeichnung einer Ellipse!)

1) Daraus geht nothwendig die Ungleichförmigkeit der Bewegung hervor. Denn angenommen, es sei (Fig. 14.) die Fläche AFP = BFG, so werden die Bogen AP und BG in derselben Zeit durchlaufen.

2) Von ἄψις, Verbindung, Verknotung; dann Rundung, Wölbung.

3) Von παράλλαξις, Unterschied (zwischen den optischen Orten eines Objektes

zontalparallaxe der Sonne = 8·5776 Sekunden; daher folgt ihre mittlere Entfernung von der Erde oder der Halbmesser der Erdbahn (nach §. 5, 3) aus der Gleichung:

$$E = \frac{206264{\cdot}8 \, . \, 859{\cdot}44}{8{\cdot}5776} = 24047 \, . \, 859{\cdot}44 = 20666900 \; ,$$

d. i. nahe 24047 Erdhalbmesser oder 20666900 Meilen. [1]) — Man nennt diese Entfernung eine Sonnenweite oder Erdweite.

3) Die Exzentrizität der Erdbahn ist verhältnißmäßig sehr klein [2]); denn sie beträgt nur ungefähr $\frac{1}{60}$ (genauer 0·0168) der halben großen Achse. Betrachtet man daher die Ekliptik als einen Kreis, dessen Radius r = 20·667 Millionen Meilen beträgt, so ergibt sich ihre Länge (L) aus

$$L = 2r\pi = 41{\cdot}334 \, . \, 3{\cdot}1416 = 129{\cdot}854 \text{ Millionen Meilen.}$$

Zus. Den größten und kleinsten Abstand der Erde von der Sonne erhält man aus der Gleichung

$$E = 20666900\,(1 \pm 0{\cdot}0168) = \begin{cases} 21{\cdot}014 \text{ Millionen Meilen.} \\ 20{\cdot}319 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \end{cases}$$

Anm. Bei solchen Himmelskörpern, die eine tägliche Parallaxe haben, muß eine beobachtete (d. i. scheinbare) Höhe noch um die zu ihr gehörige Höhenparallaxe vermehrt werden, um die wahre Höhe zu erhalten. [3])

---

von verschiedenen Standpunkten aus gesehen), *παραλλάττω* scil. *τόπον*, den Ort verändern. So wird z. B. der Stern S von A aus in D, von C aus in B gesehen.

1) Diese Entfernung würde ein Dampfwagen, der in jeder Stunde 6 Meilen zurücklegte, in 392 Jahren noch nicht ganz durchlaufen haben; der Schall, welcher eine Geschwindigkeit von 1022·5 Pariserfuß für jede Sekunde hat, würde über 14·5 Jahre brauchen.

2) Man erhält dieselbe ungefähr auf folgende Weise: Im Perihel (1. Januar) ist der scheinbare Diameter (d) der Sonne = 32′ 35·6″ = 1955·6″, im Aphel (2. Juli) = 31′ 30·2″ = 1890·2″; daher wird, wenn (Fig. 14.) der Ort der Sonne F ist:

$$AF = \frac{206264{\cdot}8d}{1955{\cdot}6} = 105{\cdot}48d \; , \quad BF = \frac{206264{\cdot}8d}{1890{\cdot}2} = 109{\cdot}12d \; ,$$

mithin AB = 214·6d, und AC = 107·3d; ferner CF = AC — AF = 1.8d, d. i. sehr nahe 1·8 des Sonnendurchmessers, oder 1·8d : 107·3d = 0·016775 der halben großen Achse.

3) Man erhält die Höhenparallaxe (p), wenn die Horizontalparallaxe (P) und

§. 38. Dauer und Geschwindigkeit des Umlaufs der Erde.

1) Die Zeit des Umlaufes der Erde um die Sonne, im Allgemeinen ein Jahr (Sonnenjahr) genannt (vgl. §. 17, 2), wird nach verschiedenen Punkten, auf welche derselbe bezogen wird, auf dreifache Art eingetheilt. Man unterscheidet nämlich

a) das siderische oder Sternjahr, dessen Dauer $365{\cdot}25638^t$ $= 365^t\,6'\,9'\,11{\cdot}2''$ beträgt. Dieses bezieht sich auf einen festen Punkt am Himmel, einen Fixstern, und ist demnach der Zeitraum, nach welchem die Sonne wieder denselben Stand gegen einen bestimmten Fixstern hat;

b) das tropische oder das eigentliche Sonnenjahr, welches $365{\cdot}24225^t = 365^t\,5^h\,48'\,50{\cdot}4''$ dauert. Dieses bezieht sich auf den Frühlingspunkt, und ist die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Eintritten der Sonne in den Frühlingspunkt. Vermöge der ($50{\cdot}2''$ betragenden) Präzession (§. 19, 3.) erreicht die Sonne das Frühlingsäquinoktium eher, als denselben Fixstern, so daß das tropische Jahr um $20{\cdot}35'$ kürzer als das siderische wird.

Der zwölfte Theil des tropischen Jahres, welcher $30{\cdot}43684^t$ $= 30^t\,10^h\,29'\,4{\cdot}2''$ beträgt, wird ein astronomischer oder Sonnenmonat genannt;

c) das anomalistische Jahr, dessen Dauer sich auf $365{\cdot}25969^t = 365^t\,6^h\,13'\,57{\cdot}4''$ beläuft. Dieses bezieht sich auf das Perihelium, und ist daher das Zeitintervall zwischen zwei auf einander folgenden Ständen der Erde in der Sonnennähe. Das Perihel rückt jährlich etwa $12''$ (genauer $11{\cdot}81''$) gegen Osten fort (man nennt dieß die Bewegung der Apsidenlinie), entfernt sich also $62''$ vom Frühlingspunkte; dadurch wird das anomalistische Jahr um $4{\cdot}77'$ länger als das siderische, und $25{\cdot}12'$ länger als das tropische. [1])

---

die Höhe (h) eines Gestirns (z. B. der Sonne) bekannt sind aus der Gleichung $\sin p = \sin P \,.\, \cos h$, oder einfacher, da p und P meistens sehr klein sind, aus $p = P \,.\, \cos h$.

1) Die Dauer des tropischen und anomalistischen Jahres läßt sich aus der des siderischen mittelst folgender Proportionen bestimmen:

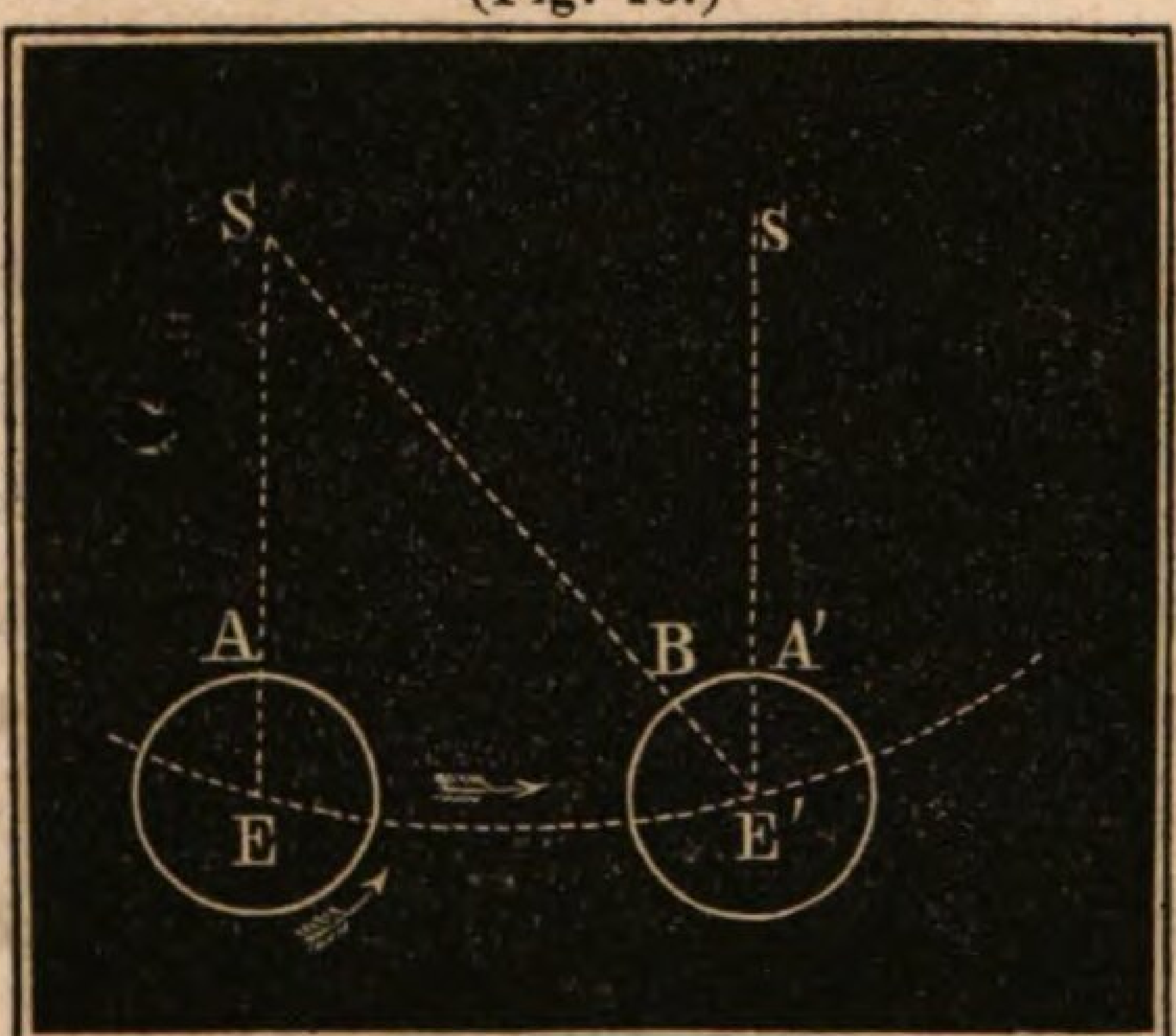
2) Da die Länge der Erdbahn nahezu 130000000 Meilen beträgt (§. 37, 3.), und diese Strecke in beiläufig 365·25 Tagen durchlaufen wird, so macht die Erde täglich ungefähr 355500, stündlich 14800, und in einer Sekunde 4·12 Meilen. Daraus folgt zugleich, daß Rotation und Revolution der Erde verschieden sind, und da bei ersterer die Geschwindigkeit eines Aequatorpunktes nur $\frac{1}{16}$ Meilen beträgt, so verhält sie sich zur letztern, wie $\frac{1}{16} \div 4·12 = 1 \div 65·92$; der Erdmittelpunkt macht also in der Ekliptik einen nahe 66mal so großen Weg, als in gleicher Zeit ein Punkt des Aequators bei der Rotation.

§. 39. Sternzeit, wahre und mittlere Sonnenzeit.

1) Sowohl die Rotation, als auch die Revolution der Erde geht in der Richtung von West gegen Ost vor sich. In Folge dieser doppelten Bewegung hat man zwei Arten von Tagen zu unterscheiden, den Sterntag und den Sonnentag.

Sterntag ist der Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden (obern) Culminationen eines Fixsterns; Sonnentag die Zeit zwischen je zwei Culminationen der Sonne. Dieselben können nicht von gleicher Dauer, sondern der erstere muß kürzer sein als der letztere. Denn ist (Fig. 16.) S die Sonne und EE′ jener Theil der Erdbahn, welchen die Erde nach einer Rotation zurückgelegt hat, so wird dann der Punkt A in Bezug auf einen Stern s, der am vorigen Tage mit der Sonne culminirte, erst in A′ sein, also noch den Bogen A′B durchlaufen müssen, bis dieselbe wieder in seinen Meridian tritt.

(Fig. 16.)



Da nun der Bogen EE′ nahe 1⁰ beträgt, so ist auch nahezu der Bogen A′B = 1⁰ (wegen ∡ ESE′ = SE′s). Dieser Bogen wird

a) $360^0 \div (360^0 - 50·2'') = 365·256383 \div$ trop.
b) $360 \div (360^0 + 11·8'') = 365·256383 \div$ anom.

aber in ungefähr 4′ Zeit durchlaufen (§. 29, 2.); also ist der Sonnentag gegen 4′ (genauer 3′ 56·56″) länger als der Sterntag. — Theilt man den Sterntag in 24 gleiche Theile, so beträgt der Sonnentag $24^h 3' 56{\cdot}56''$; wird dagegen letzterer in 24^h eingetheilt, so ist der Sterntag $= 23^h 56' 4{\cdot}09''$. [1])

2) Die Rotation der Erde geht vollkommen gleichförmig vor sich; daher sind alle Sterntage von gleicher Dauer. Nicht so ist es bei den Sonnentagen. Da die Bewegung der Erde in ihrer Bahn ungleichförmig ist, so ist der an verschiedenen Tagen zurückgelegte Bogen EE′ nicht immer von gleicher Länge, also ändert sich auf A′B, d. i. die Dauer des Sonnentages. Dazu kommt noch, daß die scheinbare Bewegung der Sonne nicht im Aequator, sondern in der Ekliptik vor sich geht, und Bogentheilen der letztern nicht immer gleich viele Grade im Aequator entsprechen. Man denkt sich deßhalb eine zweite (mittlere) Sonne, die sich gleichförmig im Aequator bewegt, also täglich $360^0 : 365{\cdot}24225 = 0{\cdot}9856^0 = 59'8{\cdot}3''$ zurücklegt, und unterscheidet demnach wahre und mittlere Zeit. Ein mittlerer Sonnentag ist daher die Zeit zwischen je zwei Culminationen der mittlern (eingebildeten) Sonne. [2]) Der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit (der bis auf 16·25′ gehen kann) wird die Zeitgleichung oder Aequation genannt.

Der wahre und mittlere Mittag fallen jährlich viermal zusammen, ungefähr am 14. April, 14. Juni, 31. August und 23. Dezember. [3]) Die Maxima und Minima der Zeitgleichung, welche zur wahren Zeit addirt die mittlere geben, treffen ungefähr an folgenden Tagen:

11. Febr.	+	14′ 32″	26. Juli	+	6′ 12″
14. Mai	—	3′ 52″	2. Nov.	—	16′ 18″

---

1) Denn ein Stern culminirt in einem Jahre 366, die Sonne 365mal; daher ist ein Sterntag = 365 : 366 Sonnentage, und ein Sonnentag = 366 : 365 Sterntage.

2) Er ist das arithmetische Mittel aller wahren Sonnentage eines Jahres.

3) Zur Verwandlung mittlerer Zeit (Mzt) in Sternzeit (Stzt) und umgekehrt, dienen folgende Gleichungen:

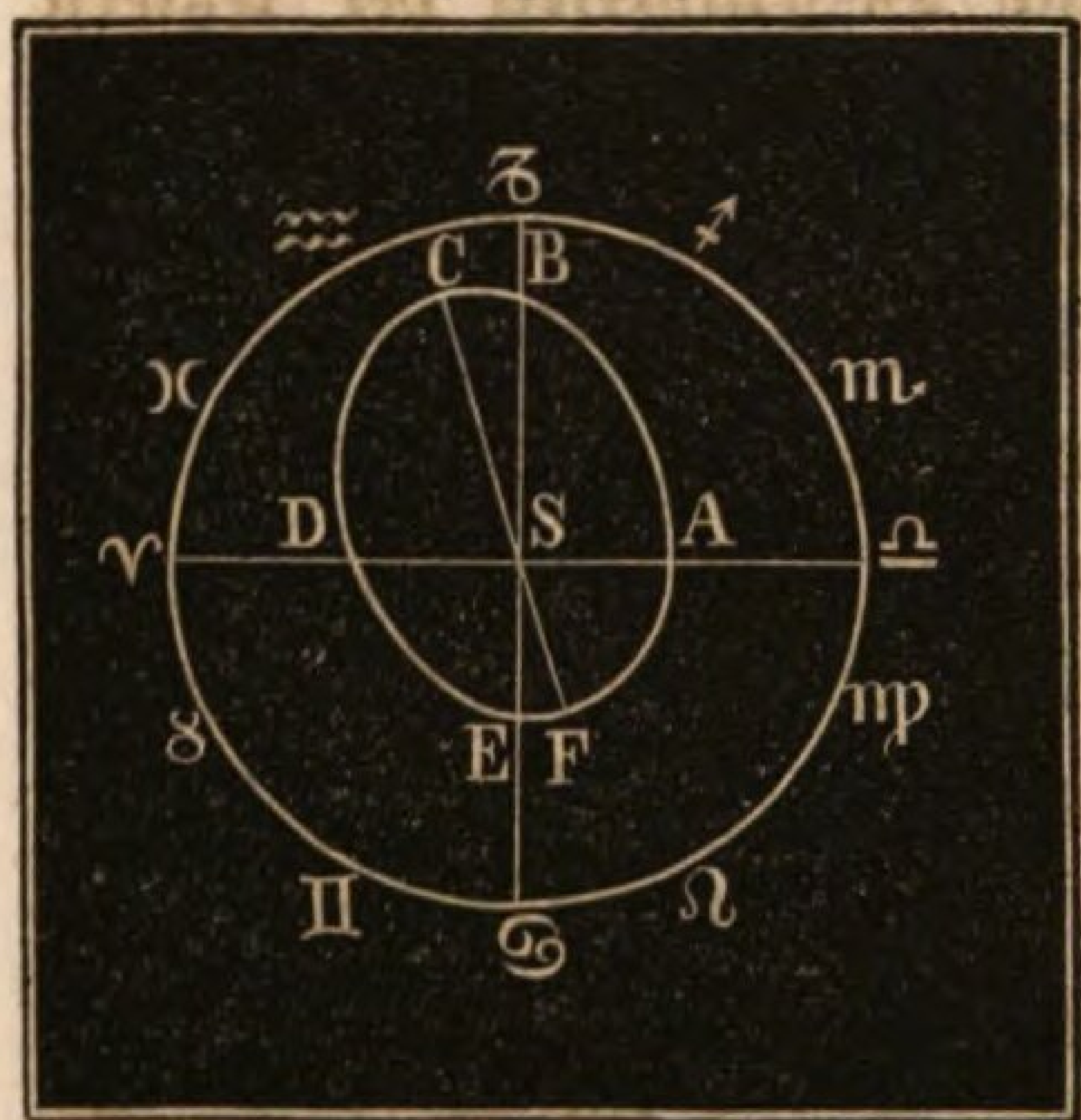
1) 24^h Mzt $= 24^h\ 3'\ 56{\cdot}56''$ Stzt $= 24{\cdot}0657^h$ Stzt , und
2) 24^h Stzt $= 23^h\ 56'\ 4{\cdot}09''$ Mzt $= 23{\cdot}9345^h$ Mzt .

Anm. Astronomische Uhren zeigen entweder Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit, die gewöhnlichen Räderuhren nur mittlere, Sonnenuhren wahre Sonnenzeit. (Zeitgleichungstabelle.)

§. 40. Erklärung des Sonnenlaufes während einer Revolution der Erde.

Bezeichnet (Fig. 17.) der äußere Kreis das (in unmeßbarer Entfernung sich befindende) Himmelsgewölbe, die von ihm eingeschlossene Ellipse die Erdbahn, S die Sonne; so erklärt sich der Jahreslauf der Erde und die Dauer der vier Jahreszeiten für einen Bewohner der nördlichen Hemisphäre, sowie der fortwährend sich ändernde Anblick des Himmels, sehr leicht auf folgende Weise:

(Fig. 17.)



1) Steht die Erde (am 21. März) in A, so erscheint die Sonne im Zeichen des Widders (♈), befindet sich also im Frühlingspunkte, daher ist Aequinoktium und **Frühlingsanfang**; das Sternbild der Fische, sowie jedes Gestirn, das mit ihm gleiche Rektascension hat, culminirt mit der Sonne (vgl. §. 19. Zus.), das der Jungfrau um Mitternacht. Bei weiterm Fortrücken der Erde von West gegen Ost (in der Richtung ABC...) bewegt sich (scheinbar) die Sonne durch die Zeichen des Stiers und der Zwillinge.

2) Erreicht die Erde den Punkt B, so tritt die Sonne in das Sommersolstiz, erscheint im Zeichen des Krebses (♋) und es beginnt der **Sommer**. Mit der Sonne kulminirt das Sternbild der Zwillinge, um Mitternacht das des Schützen. Weiter fortschreitend kommt die Erde bei C in das **Aphelium** (2. Juli). Bei dem fernern Laufe der Erde durchstreicht die Sonne die Zeichen des Löwen und der Jungfrau, bis

3) die Erde in D angelangt, wo dann die Sonne im Zeichen der Wage (♎) steht, das zweite Mal Aequinoktium ist, und der **Herbst** seinen Anfang nimmt. Mit der Sonne steht das Sternbild der Jungfrau, um Mitternacht das der Fische (vgl. Nro. 1.)

im Meridian. Bei weiterer Bewegung der Erde von D nach E scheint die Sonne die Zeichen des Skorpion und Schützen zu durchlaufen, und erreicht

4) bei dem Stande der Erde in E das Wintersolstiz (23. Dezember), erscheint im Zeichen des Steinbocks (♑), und der Winter nimmt seinen Anfang. Der Schütze steht mit der Sonne, die Zwillinge um Mitternacht im Meridian. In F tritt die Erde in das Perihelium (1. Januar) und erreicht weiter fortschreitend, nachdem die Sonne die Zeichen des Wassermanns und der Fische durchlaufen, in A wieder den Frühlingspunkt. [1])

Zus. In Folge der Ungleichheit der vier Quadranten der Erdbahn und der Ungleichförmigkeit in der Bewegung der Erde (langsamer in der Sonnenferne, schneller in der Sonnennähe) sind die 4 Jahreszeiten nicht von gleicher Dauer. Die Sonne verweilt nämlich nördlich vom Aequator ungefähr $7^t\,18^h$ länger, als südlich von demselben, und es dauert daselbst im Mittel

der Frühling $92^t\,22^h$,	der Herbst $89^t\,17^h$,
der Sommer 93 14,	der Winter 89 1,

§. 41. Beleuchtung und Erwärmung der Erde.

1) Die Erde wird von der Sonne stets zur Hälfte erleuchtet, während die andere (der Sonne abgewendete) Hälfte dunkel bleibt. Die erleuchtete Hälfte hat Tag, die andere Nacht (daher Tag= und Nachtseite der Erde). Die Grenze zwischen dem erleuchteten und dunkeln Theile heißt die Erleuchtungsgrenze. Diese ist stets ein größter Kreis der Erde, auf welchem die den Sonnen= und Erdmittelpunkt verbindende Gerade (Centrallinie) senkrecht steht. Ein Sonnenstrahl, der in dieser Linie zur Erde kommt, trifft deren Oberfläche senkrecht, außerdem um so schiefer, je weiter er sich von ihr entfernt.

---

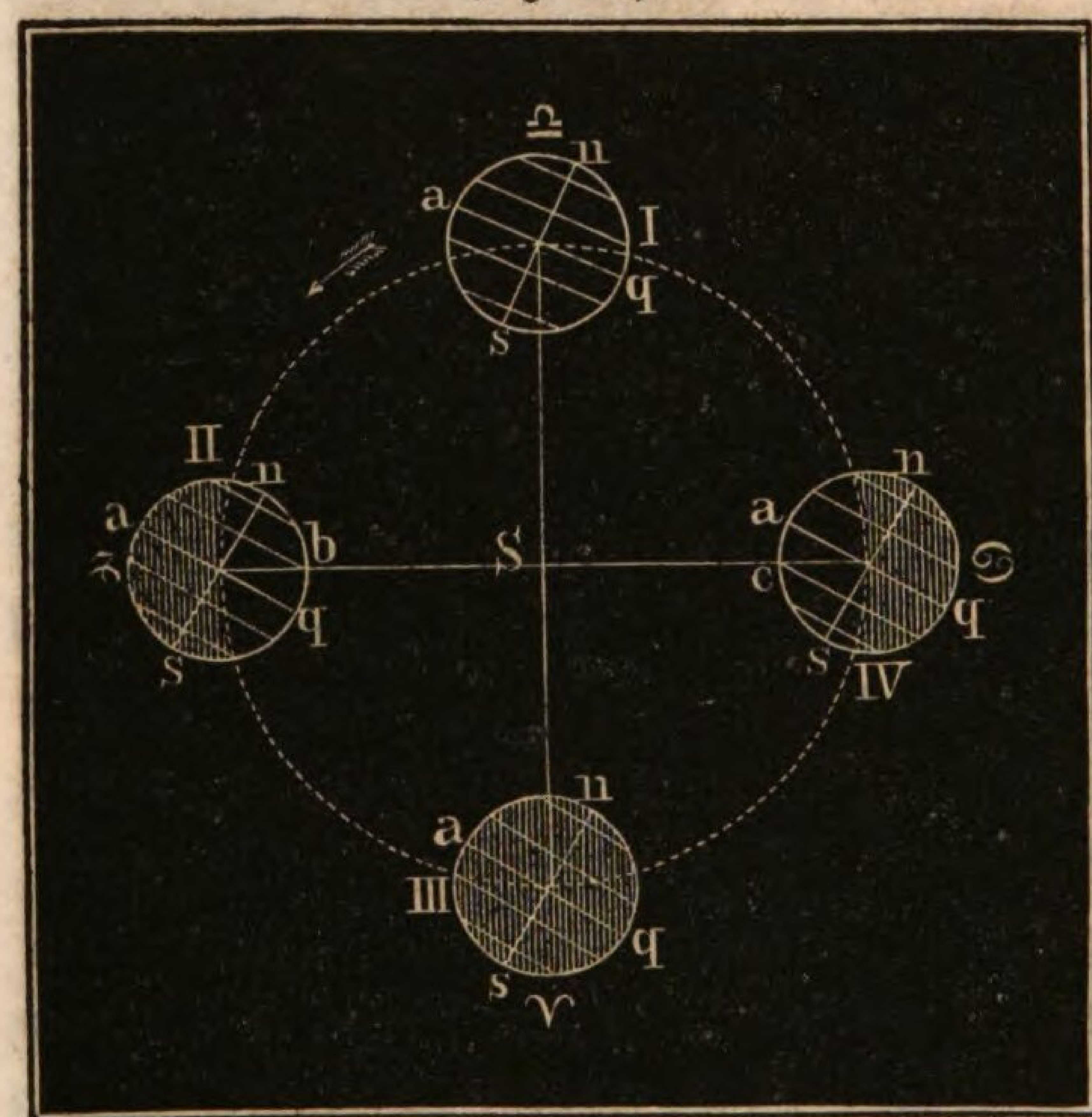
1) Die Uebereinstimmung in den Erscheinungen, welche die scheinbare Bewegung der Sonne oder die wirkliche der Erde im Laufe eines Jahres darbieten, läßt sich sehr einfach an dem Zeiger einer Uhr versinnlichen, jenachdem man sich die Erde in dem Mittelpunkte des Zifferblattes und die Sonne am Ende des Zeigers denkt oder umgekehrt.

2) Die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen hängt hauptsächlich von der Richtung ab, in welcher sie auffallen, und zwar ist dieselbe um so größer, je senkrechter, dagegen um so kleiner, je schiefer sie die Erde treffen.

3) Der Aequator schneidet die Ekliptik unter einem Winkel von 23° 28′, also steht auch die Erdachse auf der Ekliptikebene schief, und zwar beträgt ihre Neigung gegen letztere 90° — 23° 28′ = 66° 32′. Diese Neigung behält die Erdachse bei der Revolution der Erde unveränderlich bei, und bleibt in allen Punkten der Bahn zu sich selbst parallel, d. i. stets nach demselben Punkte des Himmels (dem Weltpole) gerichtet. Hiedurch werden der Wechsel der Tageslängen an verschiedenen Orten und deren veränderliche Dauer an demselben Orte, dann die (physischen) Jahreszeiten hervorgebracht.

Der Gang der Erscheinungen erklärt sich in Kürze ungefähr aus folgender Betrachtung:

(Fig. 18.)



a) Steht (Fig. 18.) die Erde am 21. März in I., tritt also die Sonne (S) in das Zeichen ♈, so geht die Centrallinie durch den Aequator (aq), dieser kreist also gerade senkrecht unter der Sonne, die Erleuchtungsgrenze geht somit durch beide Pole (n = Nordpol u. s = Südpol), überall ist Tag und Nacht gleich lang, und alle Gegenden unter gleicher Breite haben gleiche Wärme (wenn nicht andere Umstände eine Verschiedenheit verursachen).[1] In der

1) Stünde die Erdachse senkrecht auf der Ekliptik, so würde dieß immer der Fall sein, also gar kein Wechsel der Tageslängen und Jahreszeiten stattfinden.

nördlichen Halbkugel beginnt, da von jetzt an die Centrallinie nördlich vom Aequator durch die Erdoberfläche geht, der Frühling, in der südlichen der Herbst. Die gleiche Erscheinung zeigt sich, wenn die Erde am 23. September in III., also die Sonne in das Zeichen ♎ tritt; nur fängt dann in der nördlichen Halbkugel der Herbst, in der südlichen der Frühling an.

b) Kommt die Erde am 21. Juni nach II., tritt also die Sonne in das Zeichen ♋, so geht die Centrale durch den nördlichen Wendekreis, der Nordpol ist der Sonne zu-, der Südpol abgewendet, die Erleuchtungsgrenze reicht 23°28′ über erstern hinaus, letzterer ist ganz im Schatten; in der ganzen nördlichen Polarzone geht die Sonne nicht unter, in der südlichen nicht auf; alle Orte der nördlichen Hemisphäre haben den längsten Tag und die größte Wärme, in der südlichen ist das Umgekehrte der Fall; in ersterer beginnt der Sommer, in letzterer der Winter. Das Gleiche, nur in umgekehrtem Sinne findet Statt, wenn die Erde am 23. Dezember den Punkt IV. der Ekliptik erreicht, also die Sonne in das Zeichen ♑ tritt. Hier ist die nördliche Polarzone im Schatten, die südliche beleuchtet, die Nordhälfte der Erde hat Winter (kürzere und kältere Tage), die Südhälfte Sommer.

Zus. Nebenwohner haben entgegengesetzte Tages- und einerlei Jahreszeiten, Gegenwohner gleiche Tages-, aber entgegengesetzte Jahreszeiten, den Antipoden ist Beides entgegengesetzt.

Anm. Daß die größte Tageswärme nicht am Mittage, sondern etwas später, ferner der kälteste Tag nicht im Wintersolstiz, sondern erst um den 15. Januar, ebenso der wärmste erst gegen den 25. Juli eintritt, kommt daher, weil die Wirkungen erst dann am stärksten sind, wenn die Ursachen einige Zeit gedauert haben. — Mitte Frühling ist am 24. April, Mitte Herbst am 21. Oktober.

§. 42. Anwendung des Erdglobus.

Ein vorzüglicher Zweck künstlicher Erdkugeln (vgl. §. 33, 1.) besteht darin, mittelst derselben auf mechanischem Wege Messungen in Raum und Zeit vornehmen, oder verschiedene geographische Fragen mit möglicher Annäherung beantworten zu können. Die wichtigern der hieher gehörigen Aufgaben sind folgende:

1) Die geographische Lage eines Ortes, d. i. seine Breite und Länge anzugeben.

Aufl. Man bringe den Ort unter den allgemeinen Meridian; so geben die auf demselben verzeichneten Grade vom Aequator an bis zu dem Orte gezählt seine Breite, die Grade des Aequators vom ersten Meridian bis zum Einschnittspunkte des allgemeinen Meridians seine Länge an.

2) Einen Ort von gegebener Länge und Breite auf dem Globus zu finden, oder seine Lage zu bezeichnen.

Aufl. Man drehe die Kugel, bis jener Grad des Aequators, den die gegebene Länge verlangt, unter den allgemeinen Meridian kommt, und zähle auf diesem die gegebenen Grade der Breite (gegen Norden oder Süden) ab; so trifft man den gesuchten Ort, oder er läßt sich dort eintragen.

3) Jene Stunde zu bestimmen, die ein Ort B zählt, wenn ein anderer Ort A eine gegebene Stunde hat.

Aufl. Man bringe den Ort A unter den allgemeinen Meridian, stelle den Zeiger des Stundenringes auf die für A gegebene Stunde und drehe dann den Globus, bis der Ort B unter dem allgemeinen Meridian steht; so zeigt der Inder die gesuchte Stunde.

4) Jene Orte anzugeben, welche Mittag oder Mitternacht (oder eine andere Stunde des Tages) haben, wenn für einen gegebenen Ort A eine gegebene Stunde ist.

Aufl. Bringe den Ort A unter den allgemeinen Meridian, stelle den Inder der Rose auf die gegebene Stunde, und drehe die Kugel, bis der Zeiger 12 Uhr Mittag oder Mitternacht (oder eine andere gegebene Stunde) zeigt, so liegen die gesuchten Orte unter dem allgemeinen Meridian.

5) Die Entfernung zweier Orte von einander in geographischen Meilen anzugeben. [1])

1) Durch Rechnung findet man den Bogen (b) zwischen zwei Orten, wenn ihre Breiten φ und ψ, und ihre Längen, also auch ihr Längenunterschied λ bekannt sind, im Gradmaße mittelst der trigonometrischen Formel:

$$\cos b = \sin\varphi \cdot \sin\psi + \cos\varphi \cdot \cos\psi \cdot \cos\lambda$$ (vgl. Geom. §. 446.),

oder mit Anwendung eines Hilfswinkels (x) zum Behufe logarithmischer Berechnung:

$$1)\ \operatorname{tg} x = \frac{\sin\frac{1}{2}\lambda \cdot \sqrt{\cos\varphi \cdot \cos\psi}}{\sin\frac{1}{2}(\varphi - \psi)},\ \text{dann}\ 2)\ \sin\frac{1}{2} b = \frac{\sin\frac{1}{2}(\varphi - \psi)}{\cos x}$$

Aufl. Bringe den einen Ort unter den allgemeinen Meridian, schraube an diesen den Höhenquadranten genau über dem Orte, spanne ihn über den Globus nach dem zweiten Orte hin, und lies dann die Entfernung nach Graden vom Höhenquadranten ab. Die Anzahl dieser Grade multiplizire noch mit 15; so ist das Resultat die gesuchte Entfernung in Meilen. (Ist die Länge des Quadranten nicht ausreichend, so bestimme man in Graden die Entfernung des einen Ortes vom Antipodenpunkte des andern, und ziehe dieselbe von 180° ab.)

6) Den Globus 1) nach den Weltgegenden und 2) nach der (bekannten) Polhöhe eines Ortes zu stellen (nach dem Orte zu orientiren).

Aufl. Das erstere wird entweder mittelst einer Mittagslinie oder eines Kompasses bewirkt, indem man das Gestelle so lange dreht, bis die Ebene des Mittagsringes zur Mittagslinie parallel ist, oder bis die Magnetnadel des Kompasses über der ihre Abweichung vom wahren Nordpunkte (bei uns ungefähr 17° gegen Westen) angebenden Linie steht.

Das letztere wird durch die Eintheilung des Mittagsringes bewerkstelligt, indem man die Erdachse so lange gegen den Horizont neigt, bis jene Zahl des Mittagsringes, vom Pole an gezählt, welche die geographische Breite oder Polhöhe des Ortes (§. 29.) angibt, den Horizont (Holzring des Gestelles) erreicht.

7) Die Himmelsgegend anzugeben, nach welcher hin ein Ort B von einem andern A liegt.

Aufl. Stelle den Globus nach der Polhöhe von A, bringe diesen Ort unter den Mittagsring, schraube an denselben in dem durch den Ort A bezeichneten Punkte den Höhenquadranten, und lege ihn über den Ort B an den Horizont; so zeigt er daselbst die Weltgegend an.

8) Die Deklination und Mittagshöhe der Sonne für einen gegebenen Ort und Tag zu bestimmen.

Aufl. Stelle den Globus nach der Polhöhe des Ortes, suche mittelst des immerwährenden Kalenders, der auf dem Horizont sich befindet, den Ort der Sonne in der Ekliptik für den gegebenen Tag, und bringe diesen Ekliptikpunkt unter den Mittagsring; so ist die Anzahl der Grade desselben vom Aequator bis dahin die Deklination, vom Horizont bis zum Sonnenorte die Mittagshöhe der Sonne.

9) Die Höhe und das Azimuth der Sonne für einen gegebenen Ort und Tag und eine beliebige Stunde des letztern zu bestimmen.

Aufl. Man orientire den Globus nach der Polhöhe des Ortes, suche den Sonnenort der Ekliptik für den gegebenen Tag, bringe ihn unter den Mittagsring, stelle den Zeiger des Stundenringes auf 12 Uhr, drehe den Globus, bis der Zeiger über der gegebenen Stunde steht, und führe den im Zenith der Kugel

befestigten Höhenquadranten über den Sonnenort nach dem Horizont; so gibt der zwischen dem Sonnenorte und Horizont liegende Bogen des Quadranten die Höhe, der Bogen des Horizonts zwischen dem Mittagsringe und dem Quadranten das Azimuth der Sonne.

10) Für einen gegebenen Ort und Tag 1) die Zeit des Auf- und Unterganges der Sonne und 2) deren Morgen- und Abendweite zu finden. [1]

Aufl. Nachdem der Globus für die Polhöhe des Ortes orientirt ist, bringe man den Ort der Sonne in der Ekliptik unter den Mittagsring, stelle den Zeiger des Stundenringes auf 12, drehe den Globus, bis der Sonnenort in den östlichen und westlichen Horizont tritt; so zeigt der Inder der Rose die Stunde des Auf- und Unterganges, der Bogen des Horizonts zwischen dem Ost- und Aufgangspunkte die Morgenweite, jener zwischen dem West- und Untergangspunkte die Abendweite der Sonne an.

11) Die Dauer des längsten und kürzesten Tages für einen bestimmten Ort anzugeben. [2]

Aufl. Erhebe den Pol nach Erforderniß der geographischen Breite des Ortes, bringe entweder den nördlichen oder südlichen Wendepunkt der Ekliptik in den allgemeinen Meridian, stelle den Stundenzeiger auf 12, und drehe die Kugel, bis jener Punkt in den westlichen Horizont tritt; so zeigt der Inder die Zeit des Unterganges oder die seit Mittag verflossenen Stunden, welche doppelt genommen die gesuchte Tageslänge geben.

12) Die Erleuchtungsgrenze der Erde für einen gegebenen Tag a) im Allgemeinen, b) zu einer bestimmten Stunde eines gegebenen Ortes anzugeben (vgl. §. 41, 1.).

Aufl. Man bringe den Sonnenort des gegebenen Tages in das Zenith der Kugel, was dadurch geschieht, daß man einen Pol um die Deklination der

---

1) Man findet 1) den Tagebogen (t) der Sonne und 2) ihre Morgenweite (w), wenn die Polhöhe (φ) eines Ortes, und die Deklination (δ) der Sonne bekannt sind, aus folgenden Gleichungen:

$$1)\ \cos \tfrac{1}{2} t = - \operatorname{tg} \varphi . \operatorname{tg} \delta, \text{ und } 2)\ \sin w = \sin \delta : \cos \varphi .$$

Verwandelt man den gefundenen halben Tagbogen (d. i. $\frac{1}{2}$t) durch Division mit 15 in Zeit, und zieht diese von 12^h ab, so gibt die Differenz die Zeit des Sonnenaufganges.

2) Diese erhält man genau durch Rechnung, wenn man in der Formel 1) der vorigen Note $\delta = \pm 23^0\, 27{\cdot}6'$ setzt, und den für t sich ergebenden Bogen (durch Division mit 15) in Zeit verwandelt.

Sonne (die man für den gegebenen Tag nach Nro. 8. erhält), über den Horizont erhebt; so stellt für den Fall a) die über dem Horizont liegende Halbkugel die Tagseite, die andere die Nachtseite vor. Für den Fall b) bringe man noch den gegebenen Ort unter den allgemeinen Meridian, stelle den Stundenzeiger auf 12, und drehe den Globus, bis der Zeiger auf der gegebenen Stunde steht; so ist die Aufgabe auf die verlangte Weise gelöst. Hiebei haben alle Orte unter dem Mittagsringe Mittag, die östlich von demselben gelegenen Nachmittag, die westlichen Vormittag.

IV. Kapitel. Der Mond.

§. 43. Der Mond als Trabant der Erde.

1) Der Mond (☾) ist ein zur Klasse der Nebenplaneten gehöriger, an sich dunkler, kugelförmiger Körper, welcher von der Sonne erleuchtet wird, und dem freien Auge als eine mit grauen Flecken bedeckte Scheibe erscheint. Er ist der beständige Begleiter der Erde und hat aus verschiedenen Gründen nebst der Sonne schon die Aufmerksamkeit der ersten Beobachter am meisten auf sich gezogen. Er erhellt die Nächte der Erde, leitet den Wanderer in fremden Landen und den Schiffer auf unbekannten Meeren; er bestimmt einen großen Theil unserer Zeitrechnung; Ebbe und Fluth (die Gezeiten) des Meeres [1]) sind hauptsächlich sein Werk; auf den Erdmagnetismus und selbst auf die Witterung, und dadurch auf unsere Gesundheit ist vielleicht sein Einfluß nicht unwesentlich.

2) Beobachtet man den Mond nur wenige Tage, und vergleicht seinen scheinbaren Ort am Himmel mit dem eines Fixsterns, so zeigt sich, daß er nebst der täglichen Bewegung aller Gestirne noch eine eigene von West gegen Osten habe, vermöge welcher er täglich über 13° (genauer 13° 10′ 35″) zu östlichern Sternen fortschreitet, deßhalb auch jeden Tag 52′ 42″, oder eigentlich, weil unterdessen auch die Erde in ihrer Bahn nahezu um 1° fortrückt, 50′ 28″ später

---

1) Man versteht darunter eine periodische Bewegung des Meeres, welche darin besteht, daß dasselbe durch die Anziehung der Sonne und besonders durch die des Mondes zu verschiedener Höhe steigt, und nach dem Aufhören der Wirkung wieder fällt.

culminirt. Es zeigt sich also beim Monde dieselbe Erscheinung, wie bei der Sonne (§. 17.), nur geht die Bewegung viel schneller vor sich, da er bereits nach ungefähr $27\frac{1}{4}$ Tagen wieder an demselben Orte des Himmels gesehen wird.

§. 44. Scheinbare Größe, Parallaxe und Entfernung des Mondes.

1) Der Durchmesser der Mondscheibe erscheint nicht immer von gleicher Größe, sondern wechselt zwischen 33′ 31″ und 29′ 22″, woraus folgt, daß er bald näher bei der Erde, bald entfernter von ihr sei.[1] In dem mittlern Abstande wird der scheinbare Durchmesser von den Astronomen zu 31′ 7″ angegeben.

2) Die mittlere Horizontalparallaxe des Mondes ist nach den neuern astronomischen Bestimmungen 57′ 2·2″ = 3422·2″[2]; daher ergibt sich (nach §. 5, 3.)

3) die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde oder

$$E = \frac{206264 \cdot 8}{3422 \cdot 2} . 859 \cdot 44 = 60 \cdot 27 . 859 \cdot 44 = 51799;$$ d. i. also ungefähr 60 Erdradien oder 51800 Meilen.

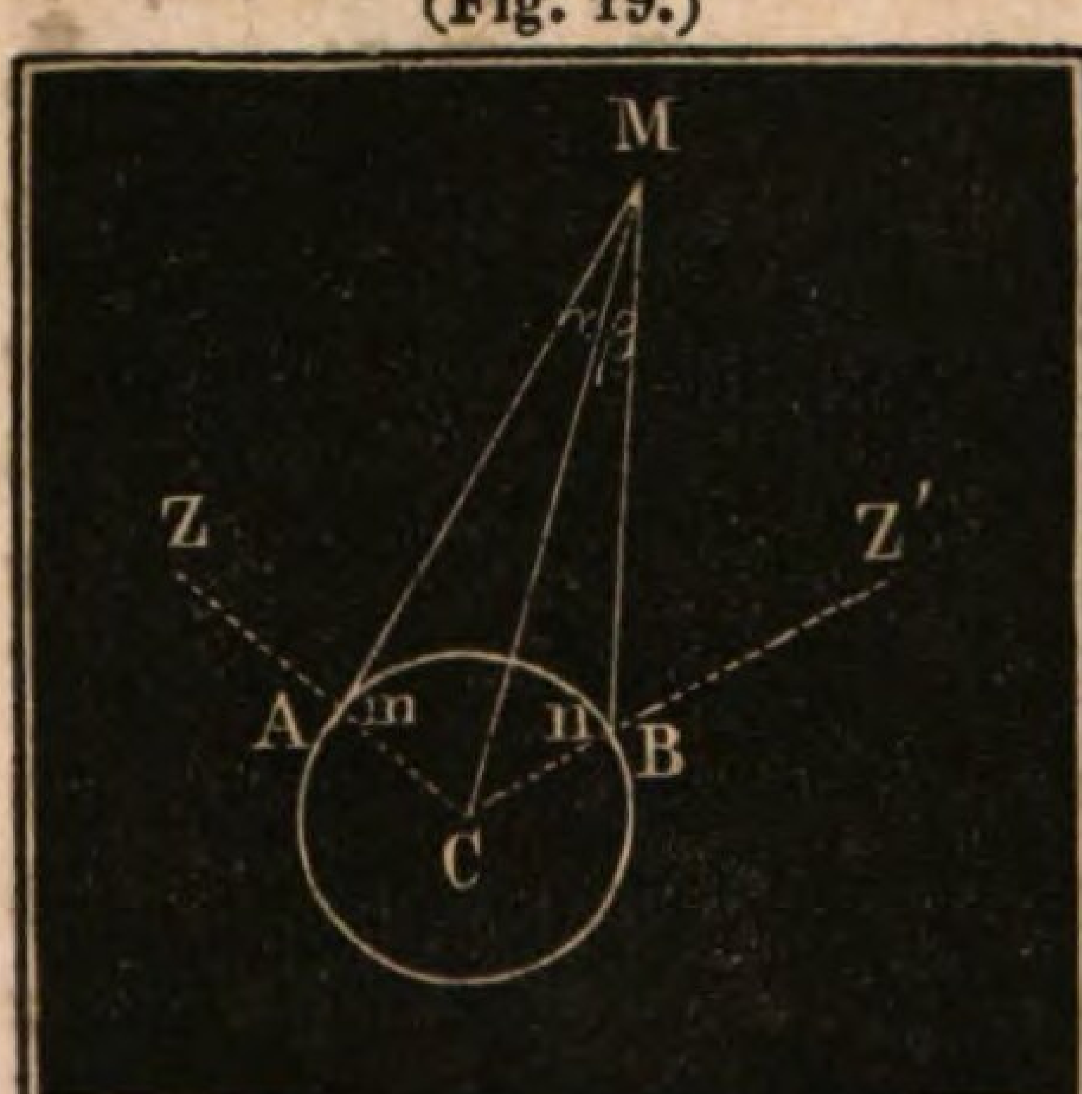
Da eine Sonnenweite über 24000 Erdradien beträgt (§. 37, 2.), so folgt, daß der Mond dem Erdenbewohner 400mal näher ist, als die Sonne.

---

1) Vergleicht man die scheinbare Größe der Sonne (§. 36, 1) mit der des Mondes; so ergibt sich, daß letzterer uns abwechselnd größer und kleiner, als die Sonne vorkommen muß.

2) Um die Parallaxe des Mondes zu finden, verfuhr man ungefähr auf folgende Art: An zwei entfernten Orten A und B (Fig. 19.) von nahezu gleicher Länge wurden gleichzeitig die Zenithdistanzen des Mondes (M), d. i. MAZ und MBZ′ beobachtet, aus denen sich die Winkel m und n ergeben (Geom. §. 34, Zus. 2.); ferner ist durch die Polhöhen der Winkel ACB bestimmt, wodurch auch ∡ AMB = $\alpha + \beta$ bekannt wird (Geom. §. 81.). Nach trigonometrischen Gesetzen läßt sich aber auch $\alpha - \beta$ bestimmen, somit die Winkel α und β, d. i. die Parallaxe des Mondes finden. (Eine solche Messung machten um die Mitte des

(Fig. 19.)



§. 45. Wahre Größe des Mondes.

1) Da der mittlere scheinbare Durchmesser des Mondes 31′7″ = 1867″ beträgt, so hat der scheinbare Halbmesser 15′33·5″ = 933·5″. Hieraus und aus der Parallaxe nebst dem Erdradius erhält man den wahren Halbmesser oder

$$r = \frac{933·5}{3422·2} . 859.44 = 0·273 \times 859·44 = 234·4 \text{ Meilen.}$$ [1]

Der Durchmesser (d) des Mondes hat demnach 468·8 Meilen (also ungefähr $\frac{3}{11}$ des Erddiameters), und sein Umfang $p = d\pi = 1470$ Meilen.

2) Aus dem bekannten Durchmesser und Umfange ergibt sich des Mondes Oberfläche $f = dp = 690000$ □ Meilen und sein körperlicher Inhalt (Volumen) $v = \frac{1}{6} d . f = 53·7$ Millionen Kubikmeilen.

Die Erde ist demnach in Bezug auf die Oberfläche ungefähr 13·5mal, in Hinsicht auf das Volumen gegen 50mal so groß als der Mond. [2]

---

vorigen Jahrhunderts la Caille am Kap der guten Hoffnung und Wargentin in Stockholm, deren geographische Längen nur um 25 Minuten im Bogen differiren.)

1) Man erhält diese Gleichung für r auf folgende Art: Bezeichnet man den wahren Erdradius durch R, seinen scheinbaren, vom Monde aus gesehen (d. i. die Parallaxe des Mondes), durch p, den scheinbaren Mondradius durch w; so hat man für die Entfernung beider Körper von einander, jenachdem das Centrum der Erde oder das des Mondes als Standpunkt angenommen wird (nach §. 5, 3.):

a) $E \div r = 206264·8 \div w$, und

b) $E \div R = 206264·8 \div p$; daher

c) $r \div R = w \div p$ (Arithm. §. 266.), mithin

$$r = \frac{w}{p} . R .$$

2) Die Oberflächen von Kugeln verhalten sich wie die Quadrate, ihre körperlichen Inhalte wie die dritten Potenzen ihrer Halb- oder Durchmesser (Geom. §. 367, Zus. 1. und §. 383, Zus. 2.).

§. 46. Die Bahn des Mondes.

1) Die Bahn, in welcher sich der Mond von West gegen Ost (also nach der Ordnung der Zeichen) um die Erde bewegt, ist (wie die Erdbahn) eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich der Mittelpunkt der Erde befindet. Die Exzentrizität dieser Ellipse ist aber viel bedeutender, als die der Erdbahn, indem sie ungefähr $\frac{1}{18}$ (genauer 0·05484) der halben großen Achse oder 2850 Meilen beträgt. [1]) Hieraus ergibt sich der größte und kleinste Abstand des Mondes von der Erde mittelst der Gleichung

$$E = 51800\ (1 \pm 0{\cdot}05484) = \begin{cases} 54600 \text{ Meilen.} \\ 48900 \quad " \end{cases}$$

Die Länge der Mondbahn hat ungefähr 2.51800.3·1416=325500 geographische Meilen.

2) Jener Punkt dieser Bahn, in welchem der Mond der Erde am nächsten steht, heißt das Perigäum (Erdnähe), der entgegengesetzte, von der Erde entfernteste Endpunkt der großen Achse (Apsidenlinie) das Apogäum (Erdferne).

3) Die Mondbahn schneidet die Ekliptik unter einem Winkel von $5^0 48' 48''$ in zwei gegenüberliegenden Punkten, welche die Mondsknoten heißen, und zwar jener, in welchem der Mond von der südlichen auf die nördliche Seite der Ekliptik übergeht, der aufsteigende (Drachenkopf ☊), der andere der niedersteigende (Drachenschwanz ☋).

4) Die Mondsknoten gehen (wie der Frühlingspunkt) von Ost gegen West zurück, und zwar täglich $3' 10{\cdot}5''$, mithin jährlich gegen $19^0 19{\cdot}5'$, so daß sie also in ungefähr 18·6 Jahren (18 J. $218^t\, 21{\cdot}38^h$) um die ganze Ekliptik herumkommen. Ebenso ändert sich der Ort des Perigäums in der Art, daß dasselbe täglich $6' 41''$ gegen Osten rückt, also jährlich $40{\cdot}7^0$, und daher in beiläufig 8·85 Jahren (8 J. $310^t\, 13{\cdot}815^h$) den ganzen Himmel umkreist.

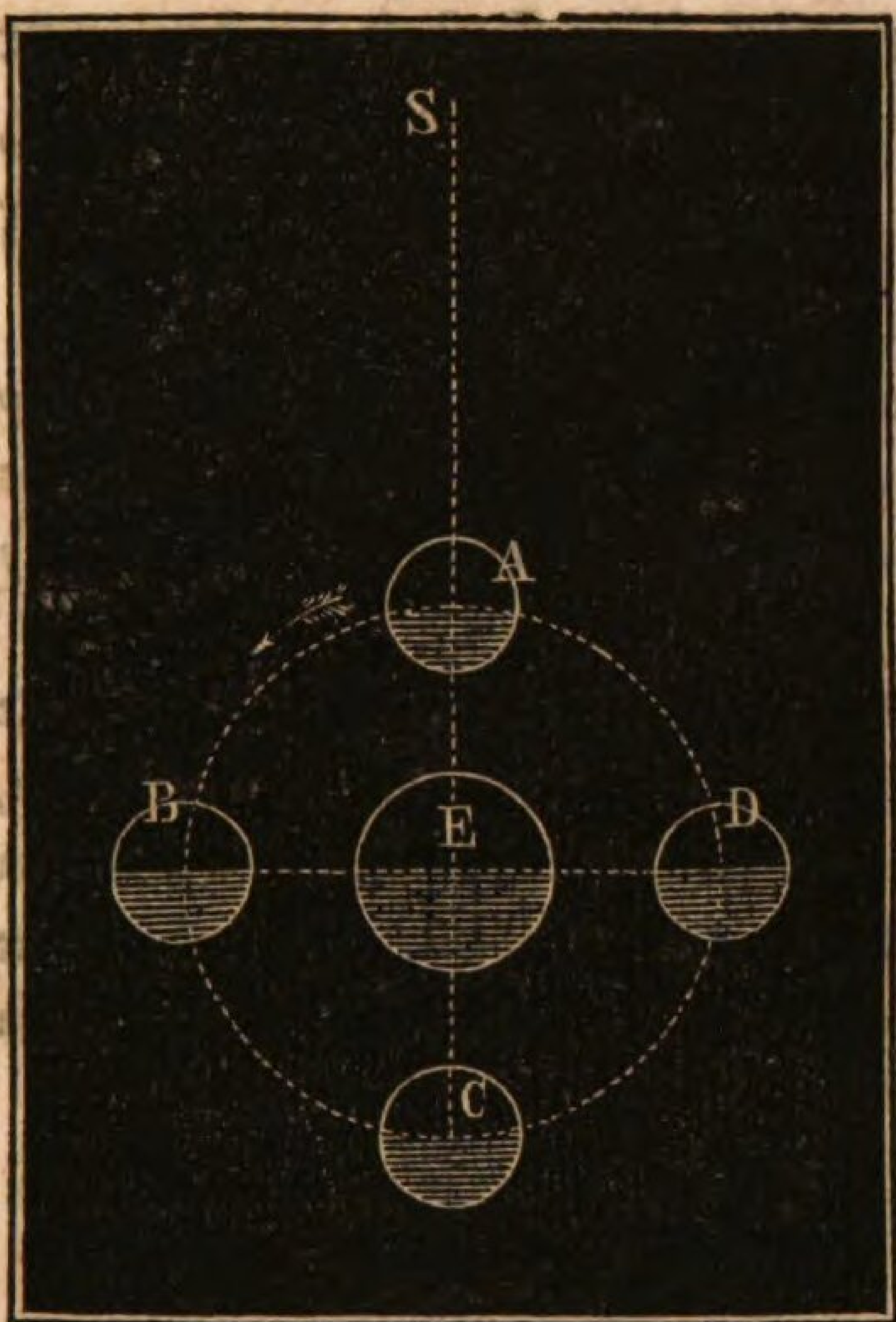
---

1) Man findet diesen Werth mittelst des größten und kleinsten scheinbaren Durchmessers des Mondes auf ganz ähnliche Art, wie bei der Ekliptik (pag. 42, Note 2.).

§. 47. Mondsphasen.

Unter Mondsphasen (auch Mondsbrüche genannt) versteht man die verschiedenen regelmäßig wechselnden Lichtgestalten, welche uns der Mond je nach seiner Stellung gegen die Sonne und Erde zeigt. Die Ursache derselben ist der Umstand, daß der Mond nicht selbstleuchtend ist, sondern das Licht, das er uns zusendet, und das ihn uns sichtbar macht, von der Sonne erhält. Der Gang der Erscheinungen, wenn (Fig. 20.) E die Erde, S die Sonne (in sehr großer Entfernung von ihr) und ABCD die Bahn des Mondes um die Erde bezeichnet, ist in Kürze folgender:

(Fig. 20.)



1) Steht der Mond mit der Sonne an demselben Orte des Himmels in A, so kehrt er der Erde seine dunkle Seite zu, ist also nicht sichtbar; es ist Neumond (●) oder Neulicht (Novilunium). Da er in dieser Stellung zwischen Erde und Sonne sich befindet, so sagt man, er sei mit letzterer in Conjunktion (☌) oder Zusammenkunft.

2) Nun entfernt sich der Mond von der Sonne gegen Osten (§. 43, 2.), zeigt sich Abends im Westen als schmale, erleuchtete Sichel (deren Spitzen Hörner genannt werden), welche immer größer wird, bis er nach ungefähr 7·4 Tagen sich 90⁰ von der Sonne entfernt hat, in B zur Hälfte (nach Westen hin) erleuchtet ist, und die halbe Nacht vor Mitternacht scheint. Diese Phase heißt das erste Viertel (☽) oder die erste Quadratur (wegen des rechtwinkligen Abstandes von der Sonne).

3) Ist der Mond nach 14 bis 15 Tagen soweit fortgerückt, daß er in C 180⁰ von der Sonne entfernt ist, also ihr gegenübersteht, so erscheint die ganze Mondscheibe erleuchtet, es ist Vollmond (○) oder Vollicht (Plenilunium), und er leuchtet die ganze Nacht. In dieser Stellung steht die Erde zwischen Sonne und

Mond, man sagt daher, er sei mit der Sonne in Opposition oder Gegenschein (☍).

4) Von jetzt an nimmt die Erleuchtung des Mondes, indem er sich der Sonne wieder nähert, in demselben Verhältnisse ab, in welchem sie vorher zugenommen, bis er nach etwa 22 Tagen in D wieder 90° von der Sonne gegen Westen abstehend, zur Hälfte (nach Osten zu) erleuchtet ist, und die halbe Nacht, aber nach Mitternacht, scheint. Diese Phase heißt das letzte Viertel (☾) oder die zweite Quadratur. Von jetzt an wird seine Gestalt wieder mehr und mehr sichelförmig, er geht immer mehr gegen Morgen zu auf, bis er endlich in den Strahlen der Sonne verschwindet und wieder Neumond wird. [1])

Anm. 1. Die Phasen Neumond und Vollmond nennt man auch Syzygien (Vereinigung); ferner heißt die Zeit zwischen Neu- und Vollmond die Periode des wachsenden, jene zwischen Voll- und Neumond die Periode des abnehmenden Mondes oder Lichtes. [2])

Anm. 2. Wenn der Mond kurz vor oder nach dem Neulichte als schmale Sichel erscheint, kann man auch den übrigen, nicht erleuchteten Theil desselben, jedoch nur in schwachem aschgrauem Scheine sehen. Dieser Schein rührt von der Erde her, welche zu dieser Zeit dem Monde fast ihre ganze beleuchtete Seite zukehrt, und ihr Licht auf den Mond reflektirt, welches von diesem wieder gegen die Erde zurückgeworfen wird.

§. 48. Umlaufszeiten des Mondes.

Die fortschreitende Bewegung des Mondes um die Erde wird auf verschiedene Punkte bezogen, weßhalb man auch folgende fünf Arten von Umläufen desselben um die Erde (Monate) zu unterscheiden hat:

1) der siderische oder wahre Monat zu $27{\cdot}32166^t = 27^t\,7^h\,43'\,11{\cdot}5''$. Dieser bezieht sich auf einen Fixstern, ist also der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichen Ständen des Mondes gegen einen bestimmten Fixstern;

---

1) Die verschiedenen Lichtgestalten, die uns der Mond zeigt, kann man sich leicht durch Drehung einer Kugel um ein Licht veranschaulichen.

2) Der wachsende Mond hat die Form eines D, der abnehmende die Form C. Man nennt ihn deßhalb luna mendax, weil er bei der Form C abnehmend (Decrescens), dagegen bei der Form D zunehmend (Crescens) ist.

2) der tropische oder periodische Monat zu 27·32158^{t} = 27^{t} 7^{h} 43′ 4·7″. Dieser bezieht sich auf den Frühlingspunkt, ist demnach die Zwischenzeit, in welcher der Mond vom Frühlingspunkte bis wieder zu demselben gelangt, und daher wegen der Präzession etwas kürzer [1]) ist;

3) der drakontische, Knoten- oder Drachenmonat zu 27·21222^{t} = 27^{t} 5^{h} 5′ 36″. Dieser ist die Zeit bis zur Wiederkehr des Mondes zu demselben Knoten;

4) der anomalistische Monat zu 27·5546^{t} = 27^{t} 13^{h} 18′ 37″. Er ist das Zeitintervall der Bewegung des Mondes vom Perigäum bis wieder dahin. [2]) Der wichtigste jedoch ist

5) der synodische Monat zu 29·530588^{t} = 29^{t} 12^{h} 44′ 3″. Er bezieht sich auf die Sonne, und ist der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Neumonden (Conjunktionen). Er wird ungefähr 2¼ Tage länger als der siderische, weil zwischen zwei Neumonden auch die Erde in der Ekliptik gegen 29° vorgerückt ist. [3])

Zwölf synodische Monate = 534·367^{t} = 354^{t} 8^{h} 48·6′ geben ein Mondjahr. Vergleicht man dieses mit dem tropischen Sonnenjahre, so zeigt sich, daß letzteres nahezu 11 Tage (genauer

---

1) Der Frühlingspunkt geht nämlich in einem Jahre um 50·2″ zurück (§. 19, 3.), also in 27·32 Tagen um 50·2 . 27·32 : 365·25 = 3·75″. Die Dauer des tropischen Monats bestimmt sich daher aus der Proportion

$$360^{0} \div (360^{0} - 3{\cdot}75'') = 27{\cdot}32158 \div \text{trop.}$$

2) Da die Knoten täglich 3′ 10·5″ zurück, das Perigäum dagegen 6′ 41″ vorwärts rückt (§. 46, 4.); so erhält man den drakontischen und anomalistischen Monat mittelst der Proportionen

$$\text{a) } 360^{0} \div (360^{0} - 1^{0}26{\cdot}75') = 27{\cdot}32158 \div \text{drac.}$$

$$\text{b) } 360^{0} \div (360^{0} + 3^{0}\ 2{\cdot}58') = 27{\cdot}32158 \div \text{anom.}$$

3) Die tägliche Bewegung des Mondes ist nämlich 13° 10′ 35″ (§. 43, 2.), die mittlere der Sonne = 59′ 8″ (§. 39, 2.); also die relative Bewegung des erstern in Bezug auf die Sonne = 13° 10′ 35 — 59′ 8″ = 12° 11′ 27″ = 12·19083°. Der Mond wird daher in Bezug auf die Sonne einen vollen Umlauf gemacht haben in 360 : 12·19083 = 29·5305 . . . Tagen.

Die synodische Revolution des Mondes läßt sich anschaulich zeigen an der Bewegung des Stunden- und Minutenzeigers einer Uhr, wenn an der Spitze des erstern die Erde, an der des letztern der Mond gedacht wird.

$10{\cdot}87^t = 10^t 21^h 0' 14''$) länger ist. Man nennt diesen Unterschied zwischen dem Sonnen- und Mondjahre die Epakten (vgl. §. 62.).

§. 49. Tages- und Jahreszeiten des Mondes.

1) Die auf der Oberfläche des Mondes sich zeigenden Flecken bleiben (im Allgemeinen) immer an derselben Stelle, so daß also der Mond den Erdbewohnern stets dieselbe Seite zukehrt. Auf diese Erscheinung hin stellte Newton [1]) die Behauptung auf, daß der Mond sich während eines Umlaufs um die Erde auch zugleich um seine Achse drehe. [2]) Demnach fällt die Dauer eines Tages auf dem Monde mit seiner synodischen Revolution zusammen, beträgt somit 29·53 Erdentage, und es ist daselbst für jeden Punkt seiner Oberfläche die Sonne gegen 14·75 Tage über und ebenso lange unter dem Horizont.

Der Mond hat also eine dreifache Bewegung: a) eine rotirende um seine Achse, dann eine fortschreitende, und zwar b) um die Erde, und zugleich mit dieser c) um die Sonne, bei welcher er eine sogenannte Cycloide oder Radlinie beschreibt. [3])

2) Der Mondäquator ist gegen die Ekliptik nur unter dem kleinen Winkel von $1^0 28' 45''$, also seine Achse $88^0 31' 15''$ geneigt. Da nun von dieser Neigung (wie bei der Erde) der Wechsel der Jahreszeiten abhängt, so folgt, daß auf dem Monde beinahe gar kein solcher Statt findet, daß ferner die Temperatur und die Länge der Tage und Nächte fast immer dieselbe ist. Die Sonne kreist daselbst beinahe stets senkrecht über dem Aequator, also im Horizont der Pole, und hat folglich auch für jeden Punkt fast immer gleiche

---

1) Isaak Newton, einer der größten Mathematiker und Physiker, wurde am 25. Dezember 1642 zu Woolsthorpe in Lincolnshire geboren, studirte mit außerordentlichem Eifer zu Grantham und später zu Cambridge, wo er 1669 Professor der Mathematik wurde. Er bereicherte fast alle Zweige der Mathematik und Physik mit neuen Entdeckungen, starb am 20. März 1727 zu Kensington und ruht in der Westminsterabtei zu London.

2) Gleichwie Jemand, der im Kreise in einiger Entfernung um einen Baum herum geht, und demselben immer das Gesicht zuwendet, eine volle Umdrehung um sich selbst machen muß.

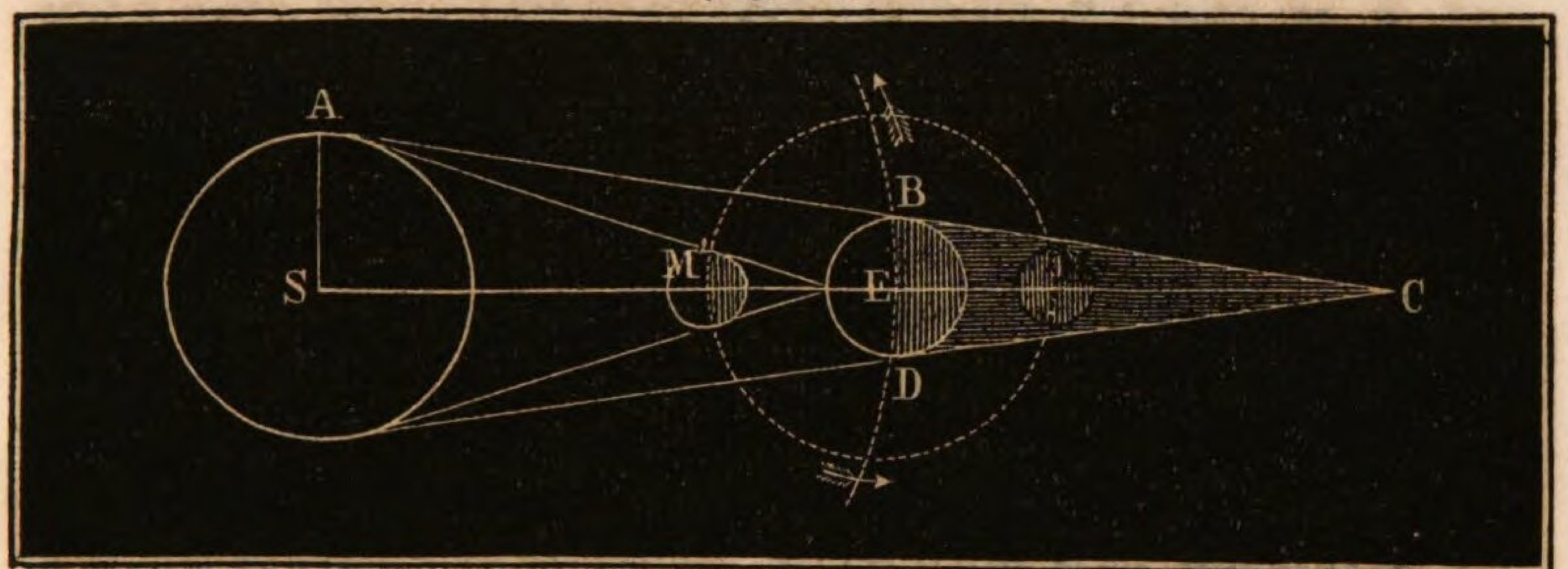
3) Sie ist eine krumme Linie, die ein Punkt am Umfange eines Kreises beschreibt, der sich auf einer geraden Linie fortwälzt.

Mittagshöhe. Polarländer, wie die unsrigen, denen die Sonne lange nicht auf= oder untergeht, gibt es dort nicht. Im Uebrigen ist das Jahr auf dem Monde dem Erdjahre nahezu gleich.

§. 50. Entstehung und Arten der Finsternisse.

1) Die Erde und der Mond werfen, wie jeder an sich dunkle und auf der einen Seite beleuchtete Körper nach der von der Sonne abgewendeten Seite einen Schatten hinter sich, welcher die Gestalt eines Kegels hat, dessen Spitze in der geraden Linie liegt, welche durch den Mittelpunkt der Sonne und den desjenigen Körpers geht, der den Schatten wirft (Fig. 21.).

(Fig. 21.)



2) Die Länge dieses Schattenkegels hängt von der Größe und Entfernung des leuchtenden und beleuchteten Körpers ab, und läßt sich leicht berechnen.[1]) Sie beträgt bei der Erde zwischen 182400 und 188600 Meilen, ist somit im Mittel über 3·5mal so groß, als der Abstand des Mondes von der Erde; die Länge des Mond=

1) Ist nämlich (Fig. 21.) S der Mittelpunkt der Sonne, E der der Erde, AS und BE zwei parallele Radien beider Körper, und BCD der Schattenkegel der Erde, so hat man (nach Geom. §. 140, III.):

$$AS \div BE = SC \div EC \text{, oder}$$

$$(AS - BE) \div (SC - EC) = BE \div EC \text{ (Ar. §. 258.).}$$

Setzt man nun $BE = r$, so ist ungefähr $AS = 112r$ (§. 69, 2.) und $SC - EC = SE = 24000r$ (§. 37, 2.); mithin wird

$$111r \div 24000r = r \div EC \text{; also}$$

$$EC = \frac{24000r}{111} = 216{\cdot}2r = 185800 \text{ Meilen.}$$

schattens wechselt zwischen 49400 und 51100, reicht also im Apogäum des Mondes nicht ganz bis zur Erde. (Kern- und Halbschatten).

3) Wenn entweder der Mond oder die Erde so zwischen die Sonne und den andern Körper zu stehen kommt, daß die der Sonne zugekehrte Seite des einen von dem Schatten des andern (mittlern) getroffen wird, so tritt jenes Phänomen ein, das man eine Finsterniß nennt, und zwar a) eine Sonnenfinsterniß, wenn der Mond, b) eine Mondsfinsterniß, wenn die Erde der zwischen den beiden andern sich befindende (mittlere) Körper ist.

§. 51. Sonnenfinsternisse.

1) Eine Sonnenfinsterniß (Defectus oder Eclipsis solis) ist die Bedeckung der Sonne durch den zwischen sie und die Erde tretenden Mond, wodurch einem gewissen Erdstriche das Sonnenlicht ganz oder theilweise entzogen wird. [1]) Eine solche kann sich nur ereignen zur Zeit des Neumondes, und wenn zugleich der Mond in oder nahe bei einem Knoten steht.

2) Eine Sonnenfinsterniß ist entweder a) central oder b) partial, jenachdem die Mittelpunkte der Sonne und des Mondes und der Standpunkt eines Beobachters auf der Erde in einer geraden Linie liegen oder nicht. Eine centrale Sonnenfinsterniß wird ferner α) total, wenn der scheinbare Durchmesser des Mondes gleich oder größer, β) ringförmig, wenn er kleiner ist, als der der Sonne. Im ersten Falle wird bei der centralen Stellung die ganze Sonnenscheibe entweder bloß momentan oder dauernd (jedoch nie länger als 4 bis 5 Minuten für einen bestimmten Ort) bedeckt, im zweiten bleibt ein schmaler Ring rings um die Sonne frei. Bei partialen (womit natürlich auch jede centrale beginnt und endigt) wird nur ein Theil der Sonne bedeckt, dessen Größe dadurch angegeben wird, daß man sich den Diameter der Sonne in 12 gleiche Theile getheilt denkt, die man Zolle nennt, und nun bestimmt, wie viele solche Zolle verfinstert sind.

3) Die Anzahl der Sonnenfinsternisse beläuft sich in ungefähr 18 Jahren durchschnittlich auf 41. Nach sehr nahe 18·06 Jahren

1) Deßhalb wäre der Name Erdfinsterniß passender.

ist nämlich die Aufeinanderfolge der Finsternisse eine ähnliche.[1] Denn da dieselben von der Stellung des Mondes gegen Erde und Sonne, sowie vom Eintritte in einen Knoten, also vom synodischen und drakontischen Monat zugleich abhängen, so ist zu ermitteln, nach welcher Zeit eine Anzahl synodischer Monate (Lunationen) ebensoviele Tage ausmachen, als eine Anzahl drakontischer. Dieses ist sehr nahe der Fall nach 223 synodischen (= 242 drakontischen) Monaten[2]) oder 223 . 29·53 : 365·25 = 18·06 Jahren.

Anm. Die Dauer einer Sonnenfinsterniß kann für die ganze Erde über 6 Stunden betragen. Partiale Sonnenfinsternisse können sich in einem Jahre vier ereignen; totale für einen bestimmten Ort der Erde sind sehr selten (alle 150—200 Jahre). Die größern Sonnenfinsternisse des nächsten Dezenniums, welche in Europa gesehen werden können, sind am: 15. März 1858, 18. Juli 1860, 31. Dezember 1861, 6. März 1867, 23. Februar 1868, 22. Dezember 1870.

§. 52. Mondsfinsternisse.

1) Eine Mondsfinsterniß (Eclipsis lunae) ist die Verdunklung des Mondes durch den Schatten der zwischen ihn und die Sonne zur Zeit des Vollmonds tretenden Erde. Eine Mondsfinsterniß kann gleichfalls nur eintreten, wenn der Mond in oder nahe bei der Ekliptik, d. i. bei einem Knoten ist; deßhalb sind die meisten Mondumläufe ohne Finsternisse, und es finden in 18 Jahren nur etwa 29 Mondsfinsternisse Statt.

2) Die Mondsfinsternisse sind entweder a) total, wenn die ganze Mondscheibe, oder b) partial, wenn nur ein Theil derselben sich in den Erdschatten einsenkt. Die Dauer einer totalen Mondsfinsterniß kann nicht über $4^h 38'$, die einer partialen nicht über $2^h 18'$ betragen. Die Größe der Verfinsterung wird in Zwölftheilen des Monddurchmessers angegeben, welche man Zolle nennt, und kann bis zu 22 solcher Zolle betragen, da der Durchmesser des Erd-

---

1) Diese Periode scheint schon den chaldäischen Astronomen unter dem Namen Saros bekannt gewesen zu sein; jetzt heißt sie die Halley'sche Periode.

2) Man erhält diese Resultate, indem man den Quotienten 27·21222 : 29·530588 (§. 48.) in einen Kettenbruch verwandelt, und dessen Näherungswerthe bestimmt (Arithm. §. 112. und §. 115.).

schattens in der Gegend des Mondes den Diameter des letztern $2\frac{1}{2}$mal übertrifft.

Anm. 1. Es können in einem Jahre höchstens drei Mondsfinsternisse vorkommen, aber es kann auch Jahre geben, in welchen gar keine stattfindet. Die im nächsten Jahrzehend bei uns sichtbaren Mondsfinsternisse werden eintreffen am: 27. Februar 1858, 7. Februar 1860, 6. Dezember 1862, 2. Juni 1863, 11. April 1865, 4. Oktober 1865, 31. März 1866, 14. September 1867.

Anm. 2. Eine Mondsfinsterniß sehen alle Bewohner der Erde, die überhaupt den Mond über ihrem Horizont haben, zu gleicher Zeit und von gleicher Größe, nur sind ihre Uhrzeiten verschieden; deßhalb eignen sich diese Finsternisse besonders zu Längenbestimmungen (vgl. §. 29, 2, b.).

V. Kapitel. Zeitrechnung.

§. 53. Chronologie, Kalender.

1) Die Wissenschaft von der Messung der Zeit überhaupt, und insbesondere die Lehre von den im bürgerlichen Leben eingeführten Zeiteintheilungen nennt man Chronologie oder Zeitrechnung.

Die Chronologie gründet sich theils auf gewisse, regelmäßig wiederkehrende Erscheinungen in der Natur, theils auf willkührliche Annahmen, die zu verschiedenen Zeiten und Orten verschieden gemacht wurden. Zu den erstern gehören Tag und Nacht, der Umlauf des Mondes, die Bewegung der Sonne um die Erde, ihr Lauf durch die Sternbilder des Thierkreises ꝛc. ꝛc.

2) Das Verzeichniß der einzelnen Tage eines Jahres, und der auf sie verlegten Feste, dann der weitern (nach obigen Erscheinungen bestimmten) Zeitabschnitte, Eintheilungen ꝛc. ꝛc. nennt man einen Kalender. [1])

§. 54. Der astronomische und bürgerliche Tag.

1) Die Dauer eines Tages ist der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden obern oder untern Culminationen der (mittlern)

---

1) Von καλεῖν, rufen, weil bei den alten Griechen der Eintritt der Neumonde (als Hauptpunkte für die Zeitrechnung) öffentlich verkündet wurde.

Sonne, und wird bekanntlich in 24 Stunden jede zu 60 Minuten eingetheilt, von denen wieder jede 60 Sekunden enthält, so daß also

$$1^t = 24^h = 1440' = 86400'' \text{ ist.}$$

2) Die Astronomen sind, in Hinsicht auf den Anfang des Tages, bei dem seit Ptolemäus angenommenen Gebrauche geblieben, die Stunden von einem Mittage bis zum andern fortlaufend, d. i. von 1 bis 24 (oder 0) Uhr zu zählen [1]), weßhalb auch dieser Tag der astronomische genannt wird.

3) Würde man im bürgerlichen Leben den Tag gleichfalls mit dem Mittage anfangen, so müßten die Geschäfte eines (natürlichen) Tages auf zwei verschiedene Tage vertheilt werden, ebenso würde es zu vielen Mißständen führen, wenn man ihn mit dem Auf- oder Untergange der Sonne anfienge. Um dieses zu vermeiden, ist man übereingekommen, von der untern Culmination der Sonne auszugehen, und daher den Tag mit der ersten Stunde nach Mitternacht zu beginnen. Man theilt ihn überdieß fast allgemein in zwei Perioden von je 12 Stunden, die nach dem Morgen (Vormittag) und Abend (Nachmittag) benannt werden. [2]) Dieser Tag ist der bürgerliche, und nach ihm sind die gebräuchlichen Thurm-, Zimmer- und Taschen-Uhren eingerichtet.

§. 55. Die Woche und der Monat.

1) Unter Woche (ἑβδομάς) versteht man eine Periode von 7 Tagen. Diese Eintheilung ist im Allgemeinen durch die 4 Hauptphasen des Mondes gegeben, die nach ungefähr je sieben Tagen wechseln (§. 47.); sie stammt wahrscheinlich von den Aegyptern, und war bei den Hebräern, durch göttliches Gebot eingesetzt, seit den ältesten Zeiten im Gebrauche. [3])

Die ursprünglichen Namen der Wochentage wurden von der Sonne,

---

1) Um die Unbequemlichkeit zu vermeiden, die Beobachtungen einer Nacht auf zwei verschiedene Kalendertage vertheilen zu müssen.

2) Demnach ist z. B. der 13. Februar morgens $6^h 45'$ bei den Astronomen: 12. Februar $18^h 45'$.

3) Vgl. I. Moses 2, 2. 3; II. Moses 20, 11; V. Moses 5, 13. 14. Die römischen Wochen (Nundinae) hatten 8 Tage.

dem Monde und den damals bekannten 5 Planeten hergenommen, und sind sammt ihren astronomischen oder Kalenderzeichen folgende:

Sonntag, Dies Solis . .	☉	Donnerstag, Dies Jovis .	♃
Mondtag, D. Lunae . .	☾	Freitag, D. Veneris . .	♀
Dienstag, D. Martis . .	♂	Samstag oder Sonnabend [1] } D. Saturni .	♄
Mittwoch, D. Mercurii . .	☿		

2) Der Zeitraum, welchen die Sonne braucht, um ein Sternbild des Thierkreises zu durchlaufen, gleichsam zu durchmessen, also der zwölfte Theil des tropischen Jahres, d. i. $30^{t}10^{h}29'4{\cdot}2''$ (vgl. §. 38, 1, b) heißt ein astronomischer Monat (mensis).

Die bürgerlichen Monate, welche ursprünglich sehr wahrscheinlich vom Mondlaufe hergenommen waren, und abwechseld 29 und 30 Tage hatten, sind jetzt von ungleicher Dauer, wir haben nämlich

einen (Februar) zu 28 oder 29 Tagen,

vier (April, Juni, September und November) zu 30 Tagen, und

sieben (Januar, März, Mai, Juli, August, Oktober und Dezember) zu 31 Tagen. [2])

§. 56. Das bürgerliche Jahr.

1) Die Anordnung der bürgerlichen Jahre gründet sich gegenwärtig bei den meisten Völkern auf das tropische Sonnenjahr, weil dieses die Jahreszeiten und alle Erscheinungen, welche die Veränderung der Temperatur ꝛc. ꝛc. auf der Erde hervorbringen, in derselben Ordnung zurückführt. [3])

---

1) Die Wochentage werden im Kirchenkalender bloß der Ordnung nach gezählt (mit Ausnahme des ersten und letzten), und heißen: Dominica, feria secunda, tertia etc. Sabbatum.

2) Diese Bestimmung der Monatslängen rührt von J. Cäsar her. Die Namen der Monate waren bei den Römern ursprünglich: 1) Martius, 2) Aprilis, 3) Majus, 4) Junius, 5) Quintilis, 6) Sextilis, 7) September, 8) October, 9) November, 10) December; Numa fügte noch 11) Januarius und 12) Februarius hinzu; der 5. und 6. erhielten später die Namen Julius und Augustus zum ehrenden Andenken an Cäsar und Oktavian.

3) Die Bekenner des Islam haben ein reines Mondjahr zu 354 oder 355 Tagen, weßhalb natürlich ihr Jahresanfang jedesmal um 11 Tage früher, also nach und nach (in etwa 33 Jahren) in alle Jahreszeiten fallen muß (vgl. §. 48, 5.).

2) Die Eröffnung des Jahres geschah bei verschiedenen Völkern zu verschiedenen Zeiten. Jetzt wird das Jahr fast allgemein mit dem 1. Januar begonnen, [1]) welcher dem Wintersolstitium nahe liegt, und beinahe ganz genau mit dem Perihelium der Erde zusammenfällt.

3) Das tropische Sonnenjahr beträgt $365{\cdot}24225^t = 365^t\,5^h\,48'\,50{\cdot}4''$ (§. 38.), also beinahe $\frac{1}{4}$ Tag mehr, als eine ganze Anzahl von Tagen, nach welcher im bürgerlichen Leben gerechnet wird. Um diese Abweichung auszugleichen, wurden Einschaltungen in der Art eingeführt, daß bald einzelne Tage (Schalttage), bald Monate oder gar Jahre eingeschoben wurden. Gegenwärtig hat das bürgerliche Jahr 365 oder 366 Tage.

§. 57. Julianische und gregorianische Kalenderreform.

1) Durch das Mangelhafte in der Zeitrechnung war um das Jahr 50 v. Chr. eine solche Verwirrung im Kalenderwesen eingetreten, daß Julius Cäsar in seiner Eigenschaft als Pontifex Maximus (dem auch die Aufsicht über den Kalender oblag) beschloß, die Einschaltungen besser zu ordnen (46 v. Chr.). Er berief daher den Astronomen Sosigenes (aus Aegypten), damit er die Verwirrung auf immer hebe. Von diesem wurde das Jahr zu 365·25 Tagen angenommen, und daher bestimmt, daß je drei aufeinander folgende Jahre 365 Tage, das vierte um einen Tag mehr, also 366 Tage erhalten soll. Die erstern nannte man gemeine Jahre (anni communes), das letztere Schaltjahr (annus intercalaris oder bissextilis). Diese Einschaltungsmethode (welcher noch heutzutage die Bekenner des griechischen Ritus anhängen) heißt die julianische Zeitrechnung.

Dem Schalttage (dies intercalaris) wurde die Stelle zwischen

---

1) Die ursprüngliche Veranlassung dazu ist folgende: Bei den Römern begann das Jahr mit dem 1. März, an welchem zugleich der neugewählte Consul sein Amt antrat und sodann in's Feld rückte. Als sich später ihre Herrschaft weiter ausbreitete, zeigte sich, daß die Consuln zu spät bei dem Heere eintrafen, und um dieß zu vermeiden, setzte man ihren Amtsantritt auf den 1. Januar fest.

dem 7. und 6. ante Cal. Martias (also 23. und 24. Februar) gegeben [1]), wodurch man einen zweitsechsten (bissextum) Tag vor den Kalenden des März erhielt. [2])

2) In der julianischen Zeitrechnung werden, da das tropische Jahr nicht 365·25, sondern 365·24225 Tage, also 0·00775 Tage weniger beträgt, jährlich um nahezu 11′ 10″ zuviel eingeschaltet, welche in 129 Jahren einen ganzen Tag ausmachen. Von dem hieraus entspringenden Fehler wurden zwar zur Zeit des Conzils von Nicäa (325) drei Tage corrigirt, allein derselbe setzte sich fort, so daß er 1582 unter Pabst Gregor XIII. bereits wieder 10 Tage betrug, also das Frühlingsäquinoktium schon auf den 11. März fiel. Deßhalb veranstaltete dieser Pabst durch den Mathematiker Al. Lilius eine Verbesserung des julianischen Kalenders, welche nach ihm die gregorianische Zeitrechnung genannt wird. Er verordnete [3]), daß nach dem 4. Oktober 1582 (die oben erwähnten) 10 Tage ausfallen sollen, also nach dem 4. unmittelbar der 15. Oktober zu zählen sei. [4])

In Hinsicht auf die Einschaltungen gilt nach der gregorianischen Verbesserung folgende Regel:

a) je drei Jahre sind gemeine, das vierte ein Schaltjahr (als solche werden jene genommen, die durch 4 theilbar sind, z. B. 1856); ebenso sind

b) je drei Schlußjahre eines Jahrhunderts (Säcularjahre) gemeine, das vierte ein Schaltjahr (als solches wird jenes betrachtet, das durch 400 theilbar ist, z. B. 1600, 2000);

c) drei Schlußjahre eines Jahrtausends sind Schaltjahre, das vierte ein gemeines (solche sind z. B. 4000, 8000 ꝛc.).

---

1) Um die Festtage in ihrer frühern Ordnung zu belassen.

2) Daher rühren auch die unlateinischen Benennungen dies und annus bissextilis statt bissextus.

3) In einer Bulle vom 24. Februar 1581.

4) Diese Verbesserung wurde von den Protestanten in Deutschland, Holland und Dänemark erst im Jahre 1700, von den Engländern 1752 und endlich von Schweden 1753 angenommen.

Anm. 1. Es ist demnach jedes durch 4 oder 400 theilbare Jahr ein Schaltjahr, jedes durch 100 oder 4000 theilbare ein gemeines. [1])

Anm. 2. Da die griechische Kirche, namentlich die Russen, den julianischen Kalender beibehielt, so hat man zu unterscheiden zwischen Zeitangaben nach altem (julianischem) und neuem Stil (gregorianischem Kalender). Der Unterschied beträgt gegenwärtig 12 Tage, um welche der alte Stil zurück ist.

§. 57. Chronologische Cyklen.

Um einzelne Jahre durch bestimmte Merkmale unterscheiden zu können, hat man in der Chronologie sogenannte Cyklen oder Zirkel (Zeitkreise) eingeführt.

1) Man versteht unter Cyklus einen aus einer gewissen Anzahl von Jahren bestehenden Zeitraum, nach dessen Verfluß bestimmte Erscheinungen sich auf dieselbe Art wiederholen. Mehrere Cyklen werden auch in eine Periode (einen zusammengesetzten Zeitkreis) vereinigt.

2) Die in der Chronologie gebräuchlichen Cyklen sind a) der Sonnen-, b) der Mond- und c) der Indiktions-Cyklus. Die beiden erstern sind vom Laufe der Sonne und des Mondes abhängig, der letztere dagegen ist ohne alle astronomische Beziehung.

§. 59. Sonnen-Cyklus.

1) Der Sonnencyklus ist ein Zeitraum von 28 Jahren, nach welchem die Wochentage wieder auf dieselben Monatstage fallen. Da $365^t = 52.7 + 1$, d. i. 52 Wochen und einen, dagegen $366^t = 52.7 + 2$, d. i. 52 Wochen und 2 Tage betragen, so rückt der Anfangstag des Jahres in 4 Jahren um 5 Wochentage fort, welche erst in $7.4 = 28$ Jahren eine ganze Anzahl von Wochen (nämlich 5) geben.

2) Die Zahl, welche angibt, das wievielte eines Sonnencyklus ein gegebenes Jahr ist, heißt in den Kalendern der Sonnenzirkel (circulus solis). Da der Anfang des Cyklus auf das Jahr 9 vor Chr. Geb. fällt, so findet sich der Sonnenzirkel für ein gegebenes

1) Diese Regel enthält anschaulich folgende Gleichung:

$$365{\cdot}24225 = 365 + \frac{1}{4} - \frac{1}{100} + \frac{1}{400} - \frac{1}{4000}.$$

Jahr (N) leicht mittelst des Ausdruckes $(N + 9) : 28$.[1]) Der Quotient gibt die Anzahl der bereits abgelaufenen Cyklen, der Rest den Sonnenzirkel (welcher 28 selbst ist, wenn kein Rest bleibt). So findet man z. B. für 1858 den Sonnenzirkel 19; und da der Quotus 66 ist, so ist 1858 das 19. Jahr des 67. Sonnencyklus.

§. 60. Sonntagsbuchstabe.

1) Man pflegt im Kalender die sieben Wochentage durch die Buchstaben A bis G in der Art zu bezeichnen, daß der 1. Januar jedesmal den Buchstaben A erhält. Jener Buchstabe, welcher bei dieser Bezeichnung auf den ersten, folglich auf alle Sonntage des Jahres trifft, wird Sonntags- oder Dominicalbuchstabe (Littera dominicalis) genannt.

2) Die Sonntagsbuchstaben weichen jährlich um eine Stelle (im Schaltjahre um 2) zurück, d. h. wenn derselbe z. B. in einem Jahre A ist, so wird er im nächsten G, im darauffolgenden F u. s. w. Denn da ein Jahr 52 Wochen und 1 Tag enthält, so hört es mit demselben Tage auf, mit dem es begonnen; der Neujahrtag rückt also um einen Wochentag vorwärts, folglich der Sonntagsbuchstabe um einen zurück. In Schaltjahren, welche 2 Tage Ueberschuß über 52 Wochen haben, gibt man dem 23. und 24. Februar denselben Buchstaben; ein solches Jahr erhält daher zwei Sonntagsbuchstaben, von denen der erste bis zum 23. Februar, der zweite für den übrigen Theil des Jahres gilt.

3) Um den Sonntagsbuchstaben für ein gegebenes Jahr (N) zu finden, bestimme man den Rest des Quotienten $(N + \frac{1}{4}N) : 7$[2]), und gehe mit demselben in das folgende, sogenannte Sonntagstäfelchen über:

---

1) Für Jahre des gegenwärtigen Jahrhunderts ergibt sich derselbe einfacher als Rest des Quotienten $(n + 17) : 28$, in welchem n das laufende Jahr des Jahrhunderts bezeichnet. Z. B. $(58 + 17) : 28 = 75 : 28$ gibt als Rest 19, wie oben.

2) Bei der Division von N durch 4 wird der etwaige Rest nicht berücksichtigt, sondern nur der ganze Quotient genommen.

1	2	3	4	5	6	7	
G	F	E	D	C	B	A	für gemeine Jahre,
AG	GF	FE	ED	DC	CB	BA	für Schaltjahre;

so steht darunter der gesuchte Sonntagsbuchstabe. [1]) Z. B. für 1858 erhält man (1858 + 464) : 7 = 2322 : 7, als Rest bleibt 5; also ist der Sonntagsbuchstabe C.

Anm. Auf dem Umstande, daß jedes gemeine Jahr um 1, jedes Schaltjahr um 2 Tage über 52 Wochen hat, beruht auch die Bestimmung des Wochentages, auf welchen ein bestimmtes Monatsdatum eines gegebenen Jahres fällt. Um denselben zu erhalten, verfahre man nach folgender Regel:

Man addire folgende Bestandtheile a) die um 1 verminderte Jahreszahl (also die Anzahl der verflossenen Jahre), b) ihren vierten Theil ohne Rücksicht auf den etwaigen Rest, c) die Ueberschüsse der verflossenen Monate über 28 Tage (d. i. über 4 Wochen) und d) die bereits abgelaufenen Tage des gegebenen Monats; von der Summe subtrahire man 12 (d. i. den Ausfall seit 1582), [2]) und theile die Differenz durch 7, so zeigt der Rest den gesuchten Wochentag, wenn 1 den Sonntag, 2 den Mondtag ꝛc. ꝛc. bezeichnet. Bleibt kein Rest, so ist 7 selbst als Inder des Samstag zu betrachten.

§. 61. Mondcyklus, goldene Zahl.

1) Man versteht unter Mondcyklus (circulus lunae) einen Zeitraum von 19 Jahren, nach dessen Ablauf die Mondphasen in derselben Ordnung wiederkehren, d. i. auf dieselben Tage des Jahres fallen. Dieser Cyklus heißt auch die Meton'sche Periode, da die Athener Meton und Euktemon (432 v. Chr.) fanden, daß 235 synodische Monate sehr nahe gleich 19 tropischen Jahren [3]) seien (der Unterschied von $1 \cdot 5^h$ beträgt in 300 Jahren noch nicht ganz einen Tag).

---

1) Für ein laufendes Jahr (n) des jetzigen Jahrhunderts ergibt sich der Inder des Sonntagsbuchstaben einfacher als Rest von $(n + \frac{1}{4}n + 3) : 7$. Z. B. $(58 + 14 + 3) : 7 = 75 : 7$, Rest 5 wie oben.

2) Bei den Jahren zwischen 1700 und 1800 ist 11; zwischen 1582 und 1700 nur 10, und vor 1582, sowie allgemein bei Bestimmungen nach dem julianischen Kalender nichts abzuziehen.

3) Man findet diese Werthe, wenn man den Quotienten 29·53058 : 365·24225 in einen Kettenbruch verwandelt, und dessen Näherungswerthe bestimmt (Arithm. §. 115.).

2) Jene Zahl, welche angibt, das wievielte Jahr dieses Cyklus ein gegebenes ist, nennt man die goldene oder güldene Zahl (aureus numerus). [1]) Der Anfang des Mondcyklus fällt in das Jahr 1 vor Chr. Geb. (welches am 1. Januar Neumond hatte); man erhält daher die goldene Zahl eines gegebenen Jahres (N), indem man den Rest des Quotienten $(N + 1) : 19$ sucht. Geht die Division auf, so ist 19 selbst die goldene Zahl. Z. B. für 1858 erhält man die goldene Zahl 16, da diese bei $(1858 + 1) : 19$ als Rest bleibt. [2])

Anm. Die Zusammensetzung des Sonnen- und Mondcyklus, also der Zeitraum von $28 . 19 = 532$ Jahren gibt die dionysische Periode [3]), nach deren Ablauf die Neumonde auf dieselben Monats- und Wochentage fallen.

§. 62. Epakten.

1) Unter Epakten (ἐπακταί scil. ἡμέραι, hinzugekommene Tage, Zugabe), auch Mondszeiger, versteht man den Ueberschuß des Sonnen- über das Mondjahr, oder das Alter des Mondes am Neujahrstage eines Jahres, d. h. die Zahl, welche angibt, wie viele Tage vor dem 1. Januar Neumond war (vgl. §. 48, 5.). Da der synodische Monat $29{\cdot}53^t$ beträgt, wofür man (der Einfachheit wegen) 30^t zu nehmen pflegt, so können die Epakten nie größer als 30 werden.

2) Fällt Neumond auf den 1. Januar, so sind die Epakten 0, wofür man in den Kalendern ein Sternchen (*) zu setzen pflegt; im Uebrigen werden dieselben, welche in jedem Jahre um 11 größer werden (indem das Mondjahr um 11^t kürzer als das Sonnenjahr ist), aber nie über 30 gehen können, durch die römischen Zahlen I. bis XXVIII. bezeichnet (statt XXIX. wird wieder * geschrieben).

---

1) Da die Meton'sche Entdeckung für so wichtig gehalten wurde, daß man sie auf einer ehernen Tafel mit goldenen Buchstaben eingrub und zu Athen am 10. Juli (19. Tag nach der Sonnenwende) 432 v. Chr. öffentlich aufstellte.

2) Für ein Jahr (n) unseres Jahrhunderts folgt sie einfacher als Rest des Quotienten $(n + 15) : 19$. Z. B. $(58 + 15) : 19 = 73 : 19$, Rest 16.

3) Sie ist so benannt nach dem römischen Abte Dionysius, mit dem Beinamen „der Kleine" (Exiguus), einem Szythen, welcher namentlich durch seinen Ostercyklus und seinen Codex canonum ecclesiasticorum große Berühmtheit erwarb. Er starb um 545.

3) Man findet die Epakten für den julianischen Kalender, wenn g die goldene Zahl eines gegebenen Jahres bezeichnet, indem man den Rest von 11g : 30 sucht; dagegen ist die gregorianische Epakte der Rest von 11(g — 1) : 30.

§. 63. Indiktions-Cyklus.

1) Der Indiktions-Cyklus (cyclus indictionum) ist ein Zeitraum von 15 Jahren, eingeführt 313 nach Chr. Geb., mehr geregelt unter Kaiser Constantin, um darnach die Schätzung der Unterthanen und das Steuerwesen zu reguliren; er hat also gar keine Beziehung zu astronomischen Erscheinungen. Sein Anfang fällt auf das Jahr 3 v. Chr.

2) Die Zahl, welche angibt, das wievielte ein gegebenes Jahr in diesem Cyklus ist, heißt in den Kalendern die Römerzinszahl (indictio romana). Sie ist für ein gegebenes Jahr (N) der Rest des Quotienten (N + 3) : 15. [1]) Bleibt kein Rest, so ist 15 selbst zu nehmen. Z. B. für 1858 wird die Römerzinszahl 1, da (1858 + 3) : 15 den Rest 1 gibt.

Anm. Der Zeitraum von 28 . 19 . 15 = 7980 Jahren wird die julianische Periode genannt. Sie ist von Jos. Scaliger [2]) eingeführt, und weil unsere Zeitrechnung noch nicht über 6000 Jahre zurückgeht, so lassen sich alle Jahre durch die drei Zahlen, die ihnen vermöge der drei Cyklen zukommen, unterscheiden, weßhalb man diese Zahlen auch chronologische Kennzeichen nennt. [3])

§. 64. Kirchliche Zeiteintheilung.

1) Die einzelnen Tage eines Jahres werden in zwei Klassen eingetheilt, nämlich a) in Werk- oder Geschäftstage, welche den bürgerlichen Geschäften und dem Erwerbe gewidmet sind, dann b) in Feier- oder Festtage, an welchen die bürgerliche Geschäftsthätig-

---

1) Für ein Jahr (n) unseres Jahrhunderts einfacher aus (n + 3) : 15.

2) Er wurde am 5. August 1540 zu Agen, in Frankreich geboren, und starb zu Leiden den 21. Januar 1609, nachdem er sich großen Ruhm als Chronolog und Philolog erworben.

3) Ein Jahr zu finden, dessen chronologische Kennzeichen bekannt sind, lehrt Arithm. §. 244, II.

keit ausgesetzt wird, indem ihnen der Cultus eine besondere Heiligkeit beilegt. (Vgl. pag. 65, Note 3.)

2) Die kirchlichen Fest= und Feiertage zerfallen in zwei Gattungen, nämlich

a) unbewegliche, welche stets an demselben Datum gefeiert werden. Dahin gehören:

Neujahr oder Christi Beschneidung . . .	1. Januar.
Hl. Dreikönige oder Erscheinung des Herrn	6. Januar.
Lichtmesse oder Maria Reinigung	2. Februar.
Joseph, Nährvater Jesu	19. März.
Maria Verkündigung	25. März.
Johann der Täufer	24. Juni.
Peter und Paul	29. Juni.
Maria Himmelfahrt	15. August.
Maria Geburt	8. September.
Allerheiligen	1. November.
Maria Empfängniß	8. Dezember.
Weihnachten oder Geburt Jesu	25. Dezember.
Stephanus, Erzmartyrer	26. Dezember.

Dem Weihnachtsfeste gehen die 4 Adventsonntage voran, deren erster stets auf einen der Tage zwischen dem 28. November und 3. Dezember (beide incl.) fällt;

b) bewegliche, welche das Datum wechseln, und sämmtlich von der veränderlichen Zeit des Osterfestes (Pascha, festum Paschale oder Resurrectio Domini), das sich nach dem Mondlaufe richtet, abhängen. Diese sind:

Septuagesimä	9 Wochen	vor	Ostern.
Aschermittwoch [1])	46 Tage	"	"
Quadragesimä (Invocabit) . . .	7 Wochen	"	"
Palmsonntag (Dom. Palmarum) .	1 Woche	"	"
Charfreitag und Samstag . . die	2 Tage	"	"

1) Der Sonntag vorher heißt Quinquagesimä, auch Estomihi oder Faschingssonntag.

Weißer Sonntag (Quasi modogeniti) 1 Woche nach Ostern.
Christi Himmelfahrt . . . . der 40. Tag " "
Pfingsten (Pentecostes) . . . . 7 Wochen " "
Hl. Dreifaltigkeit (Dom. Trinitatis) 8 Wochen " "
Frohnleichnamsfest, Donnerstag nach Trinitatis. [1])

Die sechs Sonntage vor und nach Ostern werden größtentheils nach dem Anfangsworte der an ihnen treffenden Messe des katholischen Meßbuches benannt, und zwar

α) die Sonntage vor Ostern (Fastensonntage): 1. Invocabit, 2. Reminiscere, 3. Oculi, 4. Laetare, [2]) 5. Judica (Passionssonntag), 6. Palmsonntag (Dom. Palmarum);

β) die Sonntage nach Ostern: 1. Quasi modogeniti (weißer Sonntag, Dominica in albis), 2. Misericordia, 3. Jubilate, 4. Cantate, 5. Rogate (Bittwoche), 6. Exaudi. [3])

3) Eine weitere Eintheilung des kirchlichen wie des bürgerlichen Jahres ist die in vier Quartale, deren Grenzen Quatember genannt werden. Die Quatembertage sind jedesmal Mittwoch, Freitag und Samstag, und zwar a) nach dem ersten Fastensonntage (Quadrages.), b) nach dem Pfingsttage (Woche vor Trinit.), c) nach hl. Kreuzerhöhung (14. September) und d) nach dem 3. Adventsonntage oder nach Luzia (13. Dezember).

§. 65. Bestimmung des Ostersonntags.

1) Um die Zeit des Osterfestes für alle Zukunft zu fixiren, wurde schon auf den Conzilien zu Nicäa 325 und wiederholt zu Antiochia 341 folgendes bestimmt:

---

1) Außer diesen enthält der katholische Kalender noch folgende Feste: Das Skapulierfest (Sonntag nach dem 15. Juli), Portiunkula (Sonntag nach dem 2. August), Schutzengelfest (Sonntag nach dem 28. August), Maria Namen (Sonntag nach dem 8. September), Rosenkranzfest (am 1. Sonntag im Oktober).

2) Der Mittwoch zwischen Oculi und Lätare wird Mittefasten genannt.

3) Alle diese Sonntage, α) vor und β) nach Ostern, lassen sich durch folgende Verse leicht dem Gedächtnisse einprägen:

α) In Remeatu Oculi Laetantur Jure Paterni;

β) Quid Miser Jubilas, Canta, Roga, Exaudieris.

a) das Frühlingsäquinoktium soll jedesmal auf den 21. März fallen;

b) Ostern [1]) soll stets an dem Sonntage nach jenem Vollmonde, welchem das Frühlingsäquinoktium vorangeht, gefeiert werden. Fällt dieser Vollmond auf einen Sonntag, so wird das Osterfest auf den nächstfolgenden Sonntag verlegt; dasselbe ist der Fall, wenn es mit dem ersten Ostertage der Juden zusammentreffen sollte.

Durch diese Bestimmungen sind auch die sogenannten Ostergrenzen gegeben; es kann nämlich Ostern höchstens auf den 22. März (wenn der 21. Vollmondtag und zugleich Samstag ist) und nicht über den 25. April hinauskommen. [2])

2) Zur Berechnung des Osterfestes sind erforderlich a) die goldene Zahl, b) die Epakten, c) das Datum des Vollmonds nach dem Frühlingsäquinoktium, d) der Sonntagsbuchstabe.

Eine einfache Regel hat jedoch der berühmte Mathematiker und Astronom Gauß [3]) gegeben, mittelst welcher sich der Tag des Osterfestes für jedes Jahr des jetzigen (19.) Jahrhunderts leicht finden läßt. Sie ist folgende: Man dividire

a) die Jahreszahl der Reihe nach durch 19, 4 und 7, und nenne die Reste in derselben Ordnung a, b, c; dann

b) $(19a + 23)$ durch 30; der Rest sei d; endlich

c) $(2b + 4c + 6d + 4)$ durch 7; der Rest sei e; so ist $d + e + 22$ das Märzdatum, oder, wenn $d + e > 9$ ist, $d + e - 9$

---

1) Diese Benennung ist hergeleitet von dem altdeutschen Worte Urständ (Auferstehung), und verwandelte sich allmälig in Ustern, und endlich in Ostern.

2) Daher die Regel: Festum Paschale non praecedit Benedictum (21. März), nec sequitur Marcum (25. April).

3) Karl Friedrich Gauß, mit dem Ehrenbeinamen: der deutsche Euklides, wurde am 30. April 1777 zu Braunschweig geboren, studirte zu Helmstädt, promovirte mit Auszeichnung 1799, ward 1807 Professor zu Göttingen, und verblieb daselbst als solcher bis zu seinem Tode am 23. Februar 1855. Seine Hauptwerke, die überall den scharfsinnigen Denker beurkunden, und die ihm frühen und unsterblichen Ruhm verschafften, sind: Disquisitiones arithmeticae (1801) und Theoria motus corporum coelestium (1809).

das Aprildatum des Ostersonntags.[1]) Z. B. für 1858 findet sich a = 15, b = 2, c = 3, dann d = 8, e = 5; also Ostern am 4. April.

Anm. Findet sich d = 29 und e = 6, so gibt die Rechnung den 26. April; statt dessen ist in diesem Falle (der jedoch im gegenwärtigen Jahrhundert nicht eintritt) der 19. April zu nehmen.

§. 66. Epochen der Zeitrechnung.

1) Eine bestimmte Art und Weise, die Jahre in einer fortlaufenden, nicht wiederkehrenden Reihe zu zählen, wird Aere, Jahr- oder überhaupt Zeitrechnung (Aera) genannt. Den Anfang einer Aere, der sich an ein merkwürdiges Ereigniß knüpft, nennt man Epoche (Grenze der Jahresrechnung).

2) Die vorzüglichsten Jahresrechnungen, welche jetzt noch gebraucht werden oder vorkommen, sind folgende:

a) die jüdische Aere, deren Epoche die Erschaffung der Welt ist, welche ungefähr in das Jahr 4000 v. Chr. (nach Kepler und Petavius 3983) fällt, und die daher auch Weltjahrrechnung (aera mundana) genannt wird[2]);

b) die christliche Aere (aera christiana oder vulgaris), deren Epoche das Geburtsjahr Christi ist, von dem aus vorwärts und rückwärts (Jahre nach und vor Chr. Geb.) gezählt wird. Ihr Urheber ist Dionysius Exiguus (530), die noch bestehende Einrichtung gab ihr der Engländer Beda Venerabilis (725);

---

1) Statt der Zahlen 23 in b) und 4 in c) sind für den julianischen Kalender ohne Ausnahme zu nehmen 15 und 6; ebenso sind im gregorianischen für Jahre 1) von 1582—1699 zu nehmen 22 und 2,
2) von 1700—1799 „ „ 23 „ 3,
3) von 1900—2099 „ „ 24 „ 5.

2) Die neuern Juden setzen die Erschaffung der Welt in das Jahr 3762 v. Chr., zählen also gegenwärtig (1857) 5618. Ihre Jahre, deren Anfang um die Herbstnachtgleiche (zwischen den 6. September und 7. Oktober) fällt, sind Mond-Sonnenjahre (anni lunae solares), d. h. sie zählen nach synodischen Monaten, jedoch so, daß sie in 19 Sonnenjahren 12 gemeine zu je 12, und 7 Schaltjahre zu je 13 Monaten haben. Darnach bestimmen sie jedoch nur ihre Feste; im öffentlichen Verkehre richten sie sich nach dem Kalender des Landes, in denen sie leben.

c) die muhamedanische Aere oder Hegira (Hedschra), nach welcher die Bekenner des Islam (Araber und Türken) rechnen. Ihre Epoche ist die Flucht Mohameds von Mekka nach Medina, Freitag, am 16. Juli 622 n. Chr., ihre Jahre sind Mondjahre zu 12 synodischen Monaten, so daß ein gemeines Jahr 354, ein Schaltjahr 355 Tage enthält;

d) die griechische oder die Aere der Olympiaden, deren Epoche das Jahr 776 v. Chr. ist. Jede Olympiade bestand bekanntlich aus 4 Jahren, in deren erstem jedesmal die olympischen Spiele gefeiert wurden;

e) die römische Aere, welche mit Erbauung der Stadt Rom (aera oder annus urbis conditae) beginnt, die in das Jahr 753 v. Chr. fällt.

Anm. Das Weitere über diese, sowie über die große Anzahl von Aeren der Römer, Griechen, Aegyptier, Perser und anderer orientalischer Völker finden sich in den Hand- und Lehrbüchern der Chronologie.

VI. Kapitel. Die Sonne und ihr System.

§. 67. Wichtigkeit der Sonne.

1) Die Sonne (☉) gehört zur Klasse der Fixsterne, leuchtet also mit eigenem Lichte, und ist für die Erdenbewohner bei weitem der wichtigste Himmelskörper und ihre größte Wohlthäterin; denn ihr verdankt man Erleuchtung und Erwärmung, den Wechsel von Tag und Nacht, sowie den der Jahreszeiten. Durch den wohlthätigen Einfluß der Sonne steigt das Wasser als Dunst in die Luft, und fällt hier als wärmender Schnee, dort als befruchtender Regen nieder, tränkt die Fluren und speiset die fließenden Gewässer, welche wieder ihren Vorrath dem Meere zuführen, das abermals seinen Tribut an die Luft abgibt.

Die Wichtigkeit der Sonne erkennend, verehrten sie die heidnischen Völker des Alterthums als Gottheit; so die Aegypter als Osiris, die Chaldäer als Baal, die Phönizier als Adonis, die

Perser als Mithras, die Griechen als Helios und Apollo, die Römer als Sol (auch Apollo).

2) Die große Wichtigkeit der Sonne wird ihr aber noch mehr gesichert durch die Herrschaft, welche sie über alle zu ihrem Bereiche gehörigen Planeten, Coplaneten und Kometen vermöge des Attraktionsgesetzes (vgl. §. 76.) als Centralkörper und Centralelement ausübt, wodurch sie dieselben an sich fesselt und die ihnen angewiesenen Bahnen geräuschlos zu durchlaufen nöthigt.

§. 68. Beschaffenheit der Sonne.

Eine genaue Kenntniß des Sonnenkörpers ist bei der ungeheuren Entfernung desselben wohl kaum je zu erwarten. Es mag daher genügen, die Ansichten der Alten und die Erklärung der neuern Astronomen kennen zu lernen.

1) Nach Thales ist die Sonne feuriger Natur; Anaximander nahm an, daß sie hohl und voll Feuer sei, und nach seiner Ansicht entstand bei Verstopfung der Höhlung eine Finsterniß; Xenophanes ließ sie aus lauter kleinen Feuern bestehen, weßhalb ihm auch ihr Auf- und Untergehen ein Anzünden und Auslöschen war; nach Pythagoras war sie göttlicher Natur, und die Stoiker hielten sie für ein *ἄναμμα νοερόν*, ein vernünftiges Entzündetes.

2) Nach Ansicht der neuern Astronomen (insbesondere der von Herschel) ist die Sonne eine dunkle Kugel, welche mit einer leuchtenden, gasförmigen Hülle (Photosphäre genannt) vielleicht auf hunderte von Meilen hinauf umgeben ist, in der sich die Lichtmaterie entwickelt, und in welcher drei Abstufungen unterschieden werden, nämlich a) die innere oder Dunsthülle (Sonnenatmosphäre), über ihr b) die mittlere elastische und durchscheinende Wolkenhülle, welche c) die äußere oder Lichthülle (Photosphäre) immer in einer großen Höhe über dem Sonnenkörper hält.

§. 69. Größe der Sonne.

1) Der scheinbare Durchmesser ist wegen des ungleichen Abstandes der Erde verschieden, und beträgt im Perihelium (1. Januar) 32′ 35″, im Aphelium (2. Juli) 31′ 30″, in der mittlern Entfernung 31′ 1″; also hat der mittlere scheinbare Radius 16′ 0·5″ = 960·5″.

2) Da die Horizontalparallaxe der Sonne 8·5776″ beträgt, so erhält man ihren wahren Halbmesser (R) aus der Gleichung:

$$R = \frac{960{\cdot}5}{8{\cdot}5776} \,.\, 859{\cdot}4 = 111{\cdot}98 \,.\, 859{\cdot}4 = 96200\ ^{1)};$$

also nahezu 112 Erdhalbmesser oder 96200 Meilen.

Hieraus ergeben sich die weitern Dimensionen, nämlich:

a) der Durchmesser $D = 2R = 192400$ Meilen,
b) der Umfang $P = D\pi = 604400$ Meilen,
c) die Oberfläche $F = DP = 116300$ Millionen □ Meilen,
d) der Kubikinhalt $V = \frac{1}{6}DF = 3730$ Bill. Kubikmeilen. [2]

Zus. 1. Die Sonne übertrifft also unsere Erde an Größe (Rauminhalt) über 1·4 Millionen [3]; dagegen an Masse (Menge der Materie) nach den neuesten Untersuchungen 355500mal. [4]

Zus. 2. Da eine Erdweite 24000, der Sonnenradius 112 Erdhalbmesser enthält, so beträgt eine Erdweite über 214 Sonnenradien.

§. 70. Sonnenflecken, Sonnenfackeln und Rotation der Sonne.

1) Betrachtet man die Sonne durch ein Fernrohr, bei welchem das Auge durch ein gefärbtes Glas geschützt wird, so erscheint dieselbe im gewöhnlichen Zustande wie eine mit feinem Sande bestreute Scheibe; öfter aber sieht man auf ihr tiefdunkle Stellen von verschiedener und wechselnder Größe, welche von einem grauen Rande

---

1) Vgl. pag. 55, Note 1.

2) Hinsichtlich der Bestimmung des Umfanges, der Oberfläche und des Volumens einer Kugel vgl. Geom. §. 367, Zus. 2 und §. 383.

3) Es ist nämlich das Verhältniß der Volumina beider Körper $1^3 \div 112^3 = 1 \div 1404928$ (vgl. pag. 55, Note 2).

4) Um sich einen Begriff von der ungeheuren Größe der Sonne zu machen, denke man sich dieselbe soweit ausgehölt, daß in ihrem Centrum die Erde stehen und um sie in seiner mittlern Entfernung von 51800 Meilen der Mond sich bewegen kann, so bleibt noch eine Schale der Sonne von 44400 Meilen übrig, eine Strecke, die ein Dampfwagen, der stündlich 5 Meilen zurücklegte, erst in 370 Tagen durchlaufen würde.

eingefaßt sind, und **Sonnenflecken** [1]) genannt werden. Im Gegensatze zu diesen zeigen sich häufig andere große Stellen, welche sich durch besondere Helligkeit auszeichnen, und die man daher **Sonnenfackeln** nennt. Die Sonnenflecken sind wahrscheinlich offene Stellen oder Höhlungen der Photosphäre, durch welche der dunkle Kern der Sonne dem bewaffneten Blicke bloßgelegt wird, die Sonnenfackeln dagegen stärkere Anhäufungen des Lichtstoffes.

Die Größe der Sonnenflecken läßt sich leicht aus der Vergleichung des scheinbaren und wahren Diameters der Sonne bestimmen. Denn da ersterer sehr nahe 32′ = 1920″, letzterer 192000 Meilen beträgt, so treffen auf jede Sekunde scheinbarer 100 Meilen wahre Größe im Durchmesser.

2) Manche von den Sonnenflecken verschwinden sehr bald wieder, andere dagegen sind längere Zeit (einige 4 bis 6 Wochen) sichtbar. Diese erscheinen am östlichen Sonnenrande, ziehen in 12 bis 13 Tagen über die Sonnenscheibe hinweg, verschwinden am westlichen Rande, und erscheinen dann nach 14 bis 15 Tagen wieder am Ostrande, so daß ihr Umlauf ungefähr $27\frac{1}{3}$ Tage beträgt. Hieraus schließt man die Rotation der Sonne von West gegen Ost (also in der Richtung der täglichen und jährlichen Bewegung der Erde) um ihre Achse, welche ungefähr 25·5 (genauer 25·43) Tage beträgt. Denn da zwischen zwei Erscheinungen des Flecken, also in $27\frac{1}{3}$ Tagen, auch die Erde in ihrer Bahn etwa 27° fortrückt, so ergibt sich die wahre Rotationszeit der Sonne (x) aus der Proportion

$$387^0 \div 360^0 = 27\tfrac{1}{3} \div x \; (= 25{\cdot}43^t).$$

§. 71. Das Sonnensystem.

1) Den Inbegriff mehrerer Weltkörper, die sich nach bestimmten Gesetzen um einen andern Weltkörper (einen Fixstern oder eine Sonne) bewegen, und von demselben Licht und Wärme erhalten,

1) Der erste Entdecker der Sonnenflecken ist wahrscheinlich der Engländer **Harriot** (1610); das erste Werk über diesen Gegenstand (de maculis in sole observatis) gab der Friesländer Joh. **Fabricius** heraus (1611). Die Ehre der Entdeckung nahmen noch für sich in Anspruch Christoph **Scheiner**, Professor in Ingolstadt, und Galileo **Galilei** in Pisa (1611).

nennt man ein Planetensystem, oder mit dem Fixstern selbst, um den sie sich bewegen, ein Sonnensystem.

2) Das System unserer Sonne zählt gegenwärtig 50 Planeten [1]) (Wandel- oder Irrsterne) und 23 Coplaneten nebst einer unbestimmten Anzahl von Kometen. Von den Planeten waren fünf (Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn) schon in den ältesten Zeiten bekannt, einer (Uranus) wurde gegen das Ende des vorigen, alle übrigen erst im Laufe dieses Jahrhunderts entdeckt.

3) Die Sonne übertrifft alle Planeten ihres Systemes an Rauminhalt ungefähr 600, an Masse (Menge des Stoffes) über 700mal, und daher ihre Herrschaft über das ganze System.

§. 72. Die Planeten des Sonnensystems.

Die Planeten unseres Sonnensystems, denen man von Alters her besondere Namen und (astronomische) Zeichen gegeben hat, sind nach der Reihenfolge ihrer Abstände von der Sonne folgende:

1) Merkur	☿	3) Erde (Tellus) . . .	♁
2) Venus	♀	4) Mars	♂.

5) Die 42 nur durch lichtstarke Fernröhren wahrnehmbaren (daher teleskopischen) kleinen Planeten, gewöhnlich Planetoiden oder Asteroiden [2]) genannt. Sie sind nach der Zeit ihrer Entdeckung folgende:

1) Ceres (⚳) .	1. Jan. 1801	7) Iris . . .	13. Aug. 1847
2) Pallas (⚴) .	28. März 1802	8) Flora . .	18. Okt. 1847
3) Juno (⚵) .	1. Sept. 1804	9) Metis . .	25. April 1848
4) Vesta (⚶) .	29. März 1807	10) Hygiea . .	12. April 1849
5) Asträa . .	8. Dzbr. 1845	11) Parthenope .	11. Mai 1850
6) Hebe . . .	1. Juli 1847	12) Klio [3]) . .	13. Sept. 1850

1) Von πλανάομαι (umherirren), weil sie unter den Gestirnen keinen unveränderlichen Ort einnehmen, sondern bald in der Nähe dieses bald jenes Fixsterns stehen, bald im Thierkreise vor-, bald rückwärts zu gehen scheinen.

2) Dieser Name wurde ihnen von Herschel gegeben, weil er sie für eine eigene Art von Weltkörpern hielt (vgl. pag. 96, Note 2.).

3) Von ihrem Entdecker Hind (in London) Viktoria genannt.

13)	Egeria . .	2. Nov. 1850	28)	Bellona . .	2. März 1854
14)	Irene . .	19. Mai 1851	29)	Amphitrite .	2. März 1854
15)	Eunomia .	29. Juli 1851	30)	Urania . .	22. Juli 1854
16)	Psyche . .	17. März 1852	31)	Euphrosyne .	2. Sept. 1854
17)	Thetis . .	17. April 1852	32)	Pomona . .	26. Okt. 1854
18)	Melpomene .	24. Juni 1852	33)	Polyhymnia	28. Okt. 1854
19)	Fortuna . .	22. Aug. 1852	34)	Circe . . .	6. April 1855
20)	Massalia .	20. Sept. 1852	35)	Leucothea .	20. April 1855
21)	Lutetia . .	15. Nov. 1852	36)	Atalante . .	5. Okt. 1855
22)	Calliope . .	16. Nov. 1852	37)	Fides . . .	5. Okt. 1855
23)	Thalia . .	16. Dzbr. 1852	38)	Leda . . .	12. Jan. 1856
24)	Themis . .	5. April 1853	39)	Lätitia . .	8. Febr. 1856
25)	Phocäa . .	6. April 1853	40)	Harmonia .	31. März 1856
26)	Proserpina .	5. Mai 1853	41)	Daphne . .	22. Mai 1856
27)	Euterpe . .	8. Nov. 1853	42)	Isis . . .	23. Mai 1856

Die astronomischen Zeichen für die Planetoiden sind nach Gould (zu Cambrigde in Nordamerika) kleine Ringe, in welche die Ordnungszahl ihrer Entdeckung, wie sie oben angegeben ist, gesetzt wird (vgl. §. 84.).

6) Jupiter	♃	8) Uranus	♅
7) Saturn	♄	9) Neptun	♆ .

Uranus wurde von W. Herschel [1]) am 13. März 1781 als Planet erkannt, nachdem ihn schon früher Flamsteed in Greenwich [1690] und Tob. Mayer in Göttingen [1756] gefunden, aber als Fixstern bezeichnet hatten; Neptun ist am 23. September 1846 von Dr. Galle (in Berlin) aufgefunden worden, und zwar in jener Gegend des Himmels, welche der französische Gelehrte le Verrier durch Rechnung bestimmt hatte.

---

1) Friedr. Wilh. Herschel, einer der größten Astronomen, wurde am 15. November 1738 in Hannover geboren, widmete sich früher der Musik, kam 1757 nach London, und wurde 1766 Organist in Bath. Neben der Musik trieb er eifrigst Mathematik und Astronomie, und, weil er sich ein Telescop nicht kaufen konnte, versuchte er selbst ein solches zu verfertigen, was ihm auch glückte. Auf diese Weise ausgerüstet, machte er viele Entdeckungen in der Astronomie, wobei ihn in Hinsicht auf Berechnungen seine Schwester Karoline auf's thätigste unterstützte. Er starb zu Slough (bei Windsor) am 25. August 1822. Berühmt ist auch sein 40füßiges sogenanntes Riesentelescop.

Von den oben genannten Planeten hat die Erde einen, Jupiter vier, Saturn und Uranus je acht, Neptun zwei Monde.

§. 73. Abstand der Planeten von der Sonne.

Die Entfernungen der Planeten von der Sonne bilden annähernd eine bemerkenswerthe Zahlenreihe. Diese von Titius 1772 aufgestellte Reihe, in welcher das Resultat die Abstände der Planeten in Millionen Meilen angibt, ist folgende:

1) Merkur .	0.6 + 8 = 8	6) Jupiter	16.6 + 8 = 104
2) Venus .	1.6 + 8 = 14	7) Saturn	32.6 + 8 = 200
3) Erde . .	2.6 + 8 = 20	8) Uranus	64.6 + 8 = 392
4) Mars .	4.6 + 8 = 32	9) Neptun	128.6 + 8 = 776.
5) Planetoiden	8.6 + 8 = 56		

Wird in dieser Reihe überall 0·3 statt 6, und 0·4 statt 8 gesetzt, oder werden alle Resultate durch 20 dividirt, so erhält man die Planetenabstände in Erdweiten. [1])

Anm. Als die Asteroiden noch nicht entdeckt waren, fehlte das 5. Glied der Reihe, was schon Kepler bemerkte und später Bode (in Berlin) 1782 wieder anregte, und daraus die Vermuthung eines Planeten zwischen Mars und Jupiter ableitete. Da sich nun statt des einen schon im ersten Dezennium dieses Jahrhunderts 4, und bis jetzt sogar 42 fanden, so hat man der Annahme Raum gegeben, daß dieselben Stücke eines größern Planeten seien, welcher durch ein gewaltiges Naturereigniß zertrümmert wurde.

§. 74. Verschiedene Planetensysteme.

Schon im Alterthume hat man sich vielfach bemüht, die scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper, namentlich die auffallenden Unregelmäßigkeiten im Laufe der Planeten, zu erklären; aber stets war die Ansicht herrschend, daß die Erde fest und unbeweglich im Centrum des Weltalls stehe, und von allen Himmelskörpern umkreist werde, bis im Jahre 1543 durch Kopernikus eine ganz entgegengesetzte Theorie aufgestellt und mit entscheidenden Gründen belegt wurde.

---

1) Eine allgemeine Formel dieses Gesetzes, welches auch die Wurm'sche Reihe oder nach einem bekannten Berliner Astronomen das Bode'sche Gesetz genannt wird, ist $6 . 2^{n-2} + 8$ oder $0·3 . 2^{n-2} + 0·4$, in welcher n die Ordnungszahl des Planeten bezeichnet.

Im Ganzen wurden vier verschiedene Planetensysteme aufgestellt, nämlich

1) das ptolemäische.[1]) Nach diesem bewegt sich nun die ruhende Erde in 11 Kreisen zunächst der Mond, dann Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Jeder dieser Körper war an einer krystallenen Sphäre befestigt; die 8. Sphäre nahmen die Fixsterne ein, die 9. und 10. dienten zur Erklärung der Präzession; die 11. hieß das Primum mobile, und führte alle übrigen täglich von Ost gegen Westen herum;

2) das ägyptische.[2]) Dieses unterscheidet sich von dem vorigen nur dadurch, daß es Merkur und Venus, gleichsam als Trabanten, die Sonne, und mit dieser die Erde umkreisen läßt. Es erhob sich nie zu einer Geltung;

3) das kopernikanische, das allein richtige und mögliche, nach welchem sich alle Erscheinungen am einfachsten genügend erklären lassen. Diesem zufolge steht die Sonne im Centrum ihres Systems, und um dieselbe kreisen der Ordnung nach Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn. Nur der Mond behielt den ihm bereits im ptolemäischen Systeme angewiesenen Lauf; an die Stelle des unerklärbaren Primum mobile setzte Kopernikus die Rotation der Erde; (vgl. pag. 35, Note 1.)

4) das tychonische[3]), welches wieder die Erde in Ruhe ver-

---

1) Ptolemäus (vgl. pag. 25, Note 2.) legte sein System in seinem, 13 Bücher umfassenden, systematischen Werke *Μεγάλη σύνταξις* (Weltordnung) nieder, welches später (827) in's Arabische übersetzt und Tahir al magesthi genannt wurde, woraus später der jetzt noch gebräuchliche Name „Almagest" entstand.

2) Es wird so genannt, weil es von einigen alexandrinischen Astronomen eingeführt wurde, indem nach dem ptolemäischen besonders einige Erscheinungen im Laufe des Merkur und der Venus sich nicht erklären ließen.

3) Tycho der Brahe wurde am 14. Dezember 1546 zu Knutstorp in Schonen (Schweden) geboren, und sollte die Rechtswissenschaft studiren, verlegte sich aber mehr auf Mathematik und Astronomie. Nachdem er in Leipzig seine Studien vollendet, ging er nach Wittenberg, Rostock, dann nach Augsburg, und erlangte schon damals bedeutenden Ruf. Später baute ihm Friedrich II. von Dänemark auf der Insel Hven das Observatorium Uranienburg, wo er 21 Jahre hindurch beobachtete. Von Friedrichs Nachfolger Christian VI.

setzte, und um dieselbe den Mond und die Sonne sich bewegen läßt, um welche der Ordnung nach Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn kreisen. Dieses System, welches das ptolemäische und kopernikanische zu verbinden suchte, sollte den Widerspruch beseitigen, welcher sich anfangs gegen das letztere von vielen Seiten erhob; allein es fand keine Anhänger.

§. 75. Gegenseitige Stellung der Körper des Sonnensystems.

1) Die verschiedenen Stellungen (Constellationen) zweier Planeten unter sich oder gegen die Sonne, nennt man Aspekten. Steht für einen Beobachter auf der Erde ein Planet mit der Sonne (oder zwei Planeten) bei demselben Zeichen des Thierkreises, so ist er mit ihr in Conjunktion (☌ Zusammenkunft); ist er dagegen 180⁰ von ihr entfernt, also diametral gegenüber, so ist er mit ihr in Opposition (☍ Gegenschein), in welchem Falle die Erde zwischen den beiden opponirten Körpern liegt. Außer diesen Aspekten sind nur noch der Gedritt- oder Trigonalschein (△), der Geviert- oder Quadratschein (□) und der Gesechst- oder Sextilschein (*) von einiger Bedeutung, und finden sich in Kalendern angegeben. [1])

2) Denkt man sich die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und eines andern Planeten durch gerade Linien verbunden, so heißt in dem dadurch entstehenden Dreiecke der Winkel an der Sonne die Commutation, der an der Erde die Elongation oder Digression, der an dem Planeten die jährliche Parallaxe des Planeten (vgl. §. 37, 1.)

Zus. Merkur und Venus können nie in Opposition, wohl aber in doppelte Conjunktion mit der Sonne kommen, a) in die untere,

---

zurückgesetzt, ging er in Kaiser Rudolphs II. Dienste nach Prag (1599), wo er aber sehr bald (24. Oktober 1601) starb. Tycho ist der Reformator der Beobachtungskunst, wie Copernikus der des Weltsystems.

1) Eine große Rolle spielten diese Aspekten in jener Zeit, als die Astrologie im Schwunge war, d. i. die Kunst, aus den Gestirnen die Zukunft und namentlich die Schicksale der Menschen vorherzusagen.

wenn sie zwischen Sonne und Erde treten, b) in die obere, wenn die Sonne zwischen der Erde und dem Planeten steht. Die übrigen Planeten haben nur eine obere, der Mond nur eine untere Conjunktion, alle aber können in Opposition treten.

§. 76. Keplers Gesetze.

Fast ein Jahrhundert, nachdem das kopernikanische System bekannt geworden war, fand Kepler [1]) seine berühmten drei Gesetze über die Bewegungen der Planeten. Durch unermüdliche Ausdauer in eigener Beobachtung, namentlich des Planeten Mars, und Sichtung der hinterlassenen Papiere Tycho de Brahe's, gelangte er zu folgenden höchst wichtigen Resultaten:

1) Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen [2]), in deren einem (gemeinsamen) Brennpunkte sich die Sonne befindet;

2) in gleichen Zeiten beschreiben die Radienvektoren (Zuglinien) gleiche Flächenräume (Sektoren), oder „die von den Zuglinien beschriebenen Flächen sind den Zeiten proportional" [3]);

3) die Quadrate der (wahren) Umlaufszeiten verhalten sich wie die dritten Potenzen (Kuben oder Würfel) ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne.

Zus. Die drei Kepler'schen Gesetze bilden die Grundlage der neuern Astronomie, und wurden ungefähr ein Jahrhundert später von Newton (vgl. pag. 60, Note 1.) zur Gewißheit von Lehrsätzen

---

1) Joh. Kepler (der Vater der neuern Astronomie), geboren am 27. Dezember 1571 zu Magstadt (Würtemberg), studirte in den Klosterschulen zu Hirsau und Maulbron, dann in Tübingen protestantische Theologie, und wurde, als er keine Anstellung erhielt, Lehrer der Mathematik in Grätz (1593), später, auf Tychos Empfehlung, kaiserlicher Mathematiker in Prag und 1611 in Linz, wo er bis 1626 blieb. Nachdem er einen Ruf nach Bologna (1617) abgelehnt, trat er später in die Dienste Wallensteins, und starb in dürftigen Verhältnissen zu Regensburg am 15. November 1630.

2) Die Bahnen der Planeten sind jedoch keine vollkommenen Ellipsen wegen der Störungen (Perturbationen), welche die Weltkörper in Folge der gegenseitigen Anziehung (Attraktion) in ihrem Laufe hervorbringen.

3) Kepler drückt dieses Gesetz auf folgende Weise aus: Radius vector verrit areas temporibus proportionales (vgl. §. 36, 3.).

erhoben, indem er sie als in der allgemeinen Schwere [1]) begründet nachwies. Das von Newton entdeckte Gravitationsgesetz lautet: „Alle Körper ziehen sich an, und zwar a) im geraden Verhältnisse ihrer Massen, und b) im umgekehrten der Quadrate ihrer Entfernungen," oder „die Stärken der Anziehungen (A, a) zweier Körper gegen einen dritten verhalten sich, wie die Massen (M, m) getheilt durch die Quadrate der Entfernungen (E, e), d. i.

$$A \div a = \frac{M}{E^2} \div \frac{m}{e^2}.$$

§. 77. Lauf der Planeten.

1) Die Bewegung der Planeten geschieht, wenn man dieselbe heliocentrisch betrachtet, d. i. den Mittelpunkt der Sonne als Beobachtungsort annimmt, ebenso regelmäßig von West gegen Osten als die der Erde und des Mondes. Dagegen erscheint der Planetenlauf vom Erdmittelpunkte aus gesehen (geocentrisch betrachtet) oft sehr unregelmäßig, indem er öfter sogar in die entgegengesetzte Bewegung nach Westen übergeht, zuweilen ein völliger Stillstand einzutreten scheint.

Die Bewegung eines Planeten von West gegen Ost nennt man direkt oder rechtläufig, die entgegengesetzte nach Westen retrograd oder rückläufig, und wenn er seine Position gegen einen Fixstern eine zeitlang nicht ändert, heißt er stationär oder stillstehend.

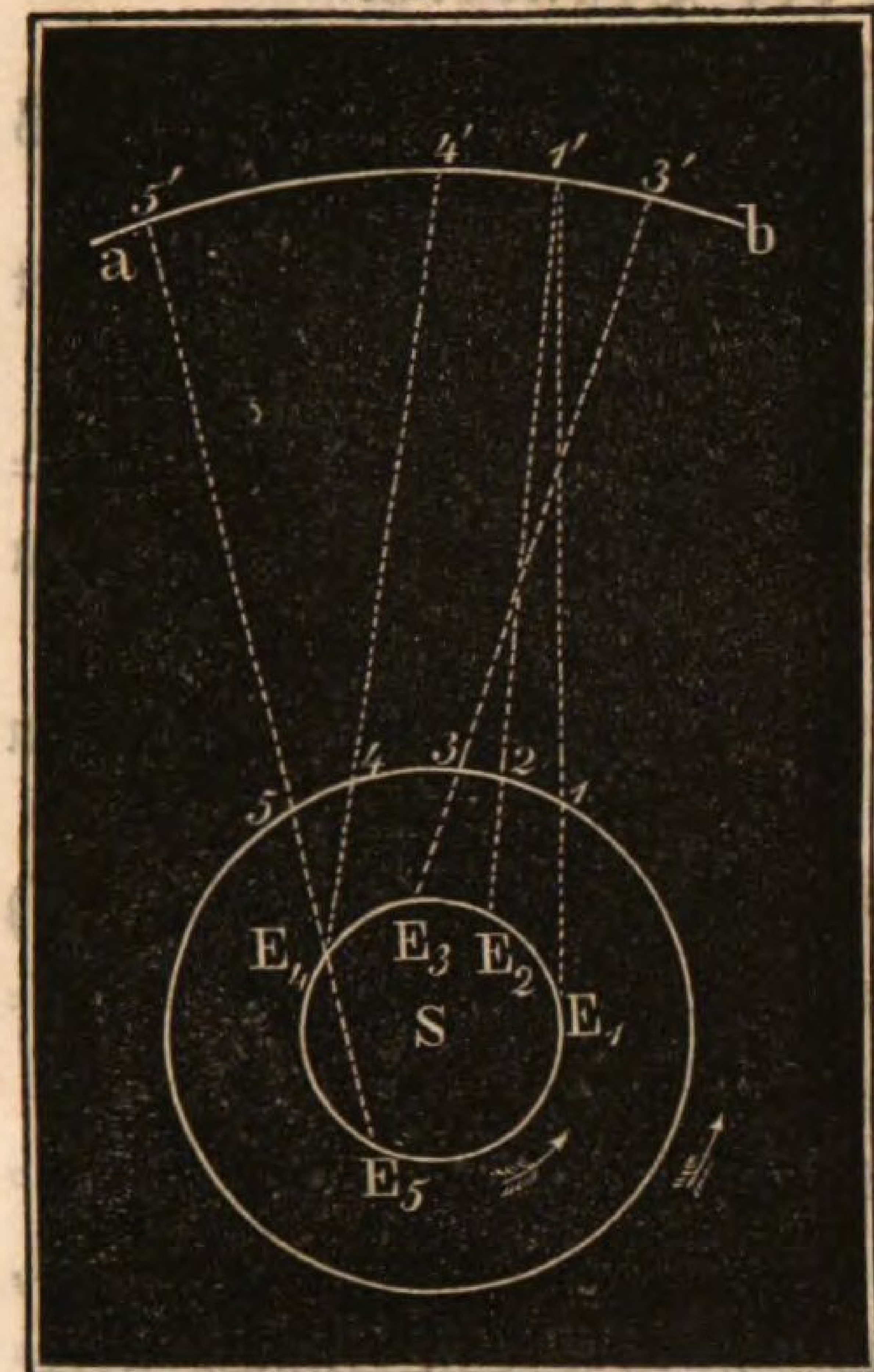
2) Wie diese Unregelmäßigkeit in den Planetenbewegungen für den Erdbewohner entstehen, und daß sie nur scheinbar seien, erklärt sich im kopernikanischen Systeme ganz einfach auf folgende Weise [2]):

---

1) Schon Kepler hatte die Ueberzeugung, daß seine Gesetze nur drei verschiedene Aeußerungen einer und derselben Grundursache seien; allein er bemühte sich vergebens, dieselbe zu entdecken.

2) Ptolemäus nahm zur Erklärung des scheinbar unregelmäßigen Planetenlaufes zu sogenannten Epizykeln seine Zuflucht, nach welcher Annahme sich die Planeten in der Peripherie eines Kreises bewegten, dessen Mittelpunkt selbst wieder einen andern, größern Kreis beschrieb.

(Fig. 22.)



Es bezeichne (Fig. 22.) S die Sonne, der kleinere Kreis die Erdbahn, der größere die eines andern Planeten und ab einen Theil der Himmelssphäre. Tritt nun die Erde (in der Richtung des Pfeiles sich bewegend) nach und nach in die Punkte E^1 bis E^5 ihrer Bahn, und der Planet in derselben Zeit in 1 bis 5, so erscheint er am Himmel von der Erde aus gesehen, in 1′, 3′ u. s. w., also bald stationär, bald rückläufig, bald mehr oder weniger rechtläufig, während er heliozentrisch betrachtet diese Unregelmäßigkeiten nicht darbietet.

§. 78. Rotation der Planeten und Lage ihrer Bahnen gegen die Ekliptik.

1) Die Achsendrehung der Planeten von West gegen Osten (wenigstens derjenigen, welche bisher genauer beobachtet werden konnten) ergab sich aus der Fortrückung von Flecken, welche auf ihrer Oberfläche vom östlichen gegen den westlichen Rand sich bewegten, dann verschwanden, nach einer gewissen Zeit wieder am Ostrande sich zeigten und neuerdings gegen Westen hin über die Oberfläche des Körpers zogen.

2) Bei ihrem Laufe um die Sonne entfernen sich die Planeten mit Ausnahme der Planetoiden (besonders der Pallas) nur sehr wenig von der Ekliptik, so daß sie alle die Grenzen des Thierkreises gar nicht oder nur sehr wenig überschreiten. Jene Punkte, in welchen die Bahn eines Planeten die Erdbahn durchschneidet, nennt man die Knoten derselben, und zwar (wie bei dem Monde, §. 46, 3.) den auf- und niedersteigenden Knoten; die gerade Linie zwischen den beiden Knotenpunkten wird Knotenlinie genannt.

3) Perihelium und Aphelium eines Planeten, gemeinschaftlich Apsiden genannt, haben dieselbe Bedeutung wie bei der Erde (§. 36, 4.).

§. 79. Umlaufsarten der Planeten.

Man unterscheidet vier Arten von fortschreitender Bewegung eines Planeten, nämlich:

1) die siderische oder wahre, d. i. die Zeit, welche ein Planet braucht, um (heliozentrisch) zu demselben Fixstern zurückzukehren;

2) die tropische oder periodische, d. i. der Zeitraum, welcher (heliozentrisch) bis zur Wiederkehr eines Planeten zu dem Frühlingsäquinoktium verfließt;

3) die anomalistische, d. i. der Lauf eines Planeten von seinem Perihelium bis wieder dahin;

4) die synodische, d. i. der Zeitraum, welcher (geozentrisch) zwischen zwei aufeinanderfolgenden (obern) Conjunktionen eines Planeten verfließt.

Zus. Daß die Revolutionsbewegung eines Planeten keine gleichförmige, sondern im Perihel schneller, im Aphelium langsamer sei, folgt aus dem zweiten, daß sie bei zunehmender Entfernung überhaupt langsamer werde, aus dem dritten Gesetze Kepler's und dem Attraktionsgesetze.

VII. Kapitel. Die Planeten und Kometen.

§. 80. Eintheilung der Planeten.

Die Planeten unseres Sonnensystems werden auf zweifache Weise eingetheilt, nämlich

1) hinsichtlich ihrer Stellung zur Erde:

a) in untere, welche zwischen der Sonne und Erde sich befinden, deren Bahnen also von der Erdbahn eingeschlossen sind: Merkur und Venus;

b) in obere, die sich jenseits der Erde befinden, deren Bahnen also die Erdbahn einschließen: Mars, die Asteroiden, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

2) in Hinsicht auf gewisse übereinstimmende Eigenschaften:

a) in innere (auch helische oder tellurische Planeten genannt): Merkur, Venus, Erde und Mars. Diese haben eine

mäßige Größe, eine etwa 24 Stunden dauernde Rotation, sind (die Erde ausgenommen) mondlos, die Neigung ihres Aequators gegen ihre Bahn beträgt mehr als 20°, und ihre fortschreitende Bewegung übertrifft die Geschwindigkeit ihrer Achsenrotation mehr als 60mal (vgl. §. 38, 2.);

b) in mittlere oder neue Planeten, nämlich die Asteroiden. Diese Körper sind sämmtlich sehr klein, ihre Bahnen durchkreuzen sich zum Theile und schneiden die Ekliptik unter größern Winkeln als die übrigen Planeten, so daß fast alle den Thierkreis überschreiten;

c) in äußere oder uranische: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Diese haben ein größeres Volumen als die innern, eine sehr schnelle Rotations- dagegen langsame Revolutionsbewegung (beide fast gleich), ferner eine starke Abplattung an den Polen und mehrere Trabanten.

§. 81. Merkur (☿).

1) Dieser Planet, wegen seiner Nähe bei der Sonne, von der er sich höchstens 27·7° entfernt, mit unbewaffnetem Auge schwer zu beobachten [1]), steht der Sonne am nächsten, nämlich in seinem mittlern Abstande 0·387 Erdweiten, oder sehr nahe 8 Millionen Meilen. [2])

---

1) Kopernikus soll noch auf dem Sterbebette bedauert haben, daß er den Merkur nie gesehen habe.

2) Man erhält diesen Abstand annähernd auf folgende Art: Die Elongation Merkurs beträgt im Mittel ungefähr 22·5°, d. i. den 4. Theil eines rechten Winkels. Construirt man (Fig. 23.) ein rechtwinklig-gleichschenkliges $\triangle$ ABC, und halbirt einen Winkel an der Hypotenuse (AC) durch AD, so ist $\sphericalangle BAD = \frac{1}{4}R = 22{\cdot}5°$, und

$$\overline{AD}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{BD}^2 = \overline{BC}^2 + \overline{BD}^2$$

(wegen AB = BC). Ferner ist

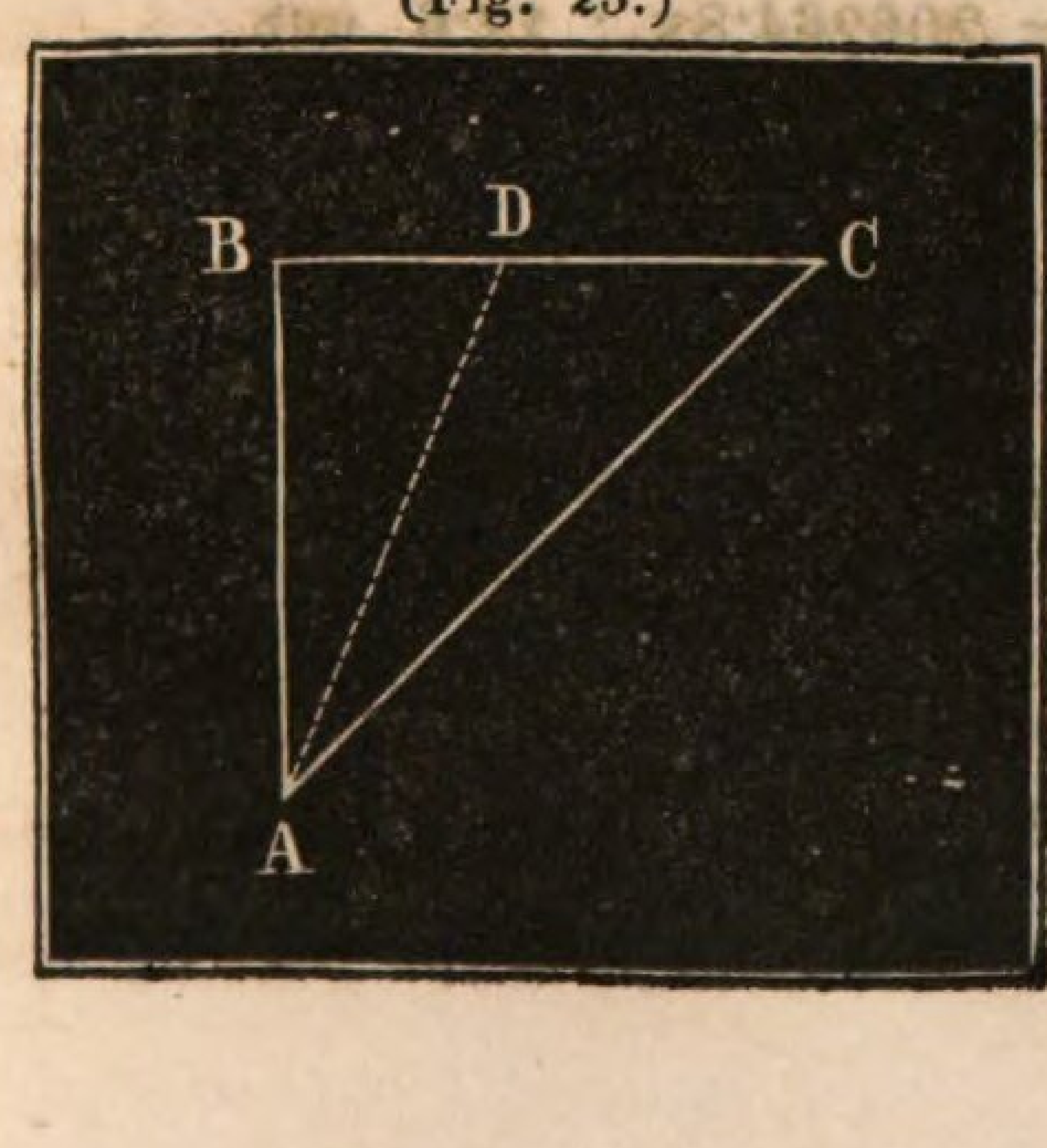
$BD \div CD = AB \div AC$ (Geom. §. 142, l.), oder

$BD \div (BC - BD) = AB \div AB\sqrt{2}$, d. i.

$= 1 \div \sqrt{2}$. Hieraus folgt

$BC = BD\,(1 + \sqrt{2})$.

(Fig. 23.)



Seine elliptische Bahn hat eine sehr große Exzentrizität (nämlich 0·206), so daß sein größter Abstand von der Sonne gegen 10, der kleinste $6\frac{1}{4}$ Millionen Meilen beträgt. [1]) Die Entfernung Merkurs von der Erde varirt zwischen 11 und 30 Millionen Meilen.

Merkur wird von der Sonne in seinem mittlern Abstande $6\frac{2}{3}$mal stärker als die Erde erleuchtet [2]), und sieht dieselbe ebensovielmal größer.

2) Der scheinbare Durchmesser des Merkur beträgt im mittlern Abstande von der Erde 6·7″ (der kleinste 4·4″, der größte 12·6″). Für seinen wahren Diameter findet man 654 Meilen [3]) (genauer 670), also ungefähr 0·4 des Erddurchmessers, und daher für seine Ober=

Setzt man diesen Werth von BC in obige Gleichung, so findet sich nach gehöriger Reduktion $BD = \frac{1}{2} AD \sqrt{2 - \sqrt{2}} = 0\cdot382 \,.\, AD$. Bezeichnet nun A die Erde, D die Sonne und B den Merkur, so hat man, die Erdweite AD = 1 gesetzt, nahezu obiges Resultat.

1) Bezeichnet m die mittlere Entfernung eines Planeten von der Sonne, e die Exzentrizität seiner Bahn, so ist sein größter und kleinster Abstand gegeben durch $m(1 \pm e)$.

2) Nach physikalischen Gesetzen nimmt die Stärke der Erleuchtung (Intensität des Lichtes) in demselben Verhältnisse ab, in welchem das Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle (dem leuchtenden Körper) zunimmt. Setzt man daher die Stärke des Sonnenlichtes auf der Erde = 1, so ergibt sich dieselbe für Merkur aus der Proportion

$$x \div 1 = 1^2 \div 0\cdot387^2 = 1 \div 0\cdot15 = 6\cdot6 \div 1 \,.$$

3) Ist nämlich (Fig. 24.) der innere Kreis die Bahn des Merkur, der äußere die Erdbahn, ferner D und E ungefähr der Stand Merkurs zur Zeit seiner untern und obern Conjunktion, x sein wahrer Durchmesser, in A die Erde, in S die Sonne, so ist

(Fig. 24.)



$$AD = 206264\cdot8x : 12\cdot6 \text{ und}$$
$$AE = 206264\cdot8x : 4\cdot4 \text{ (§. 5.)}$$

Da ferner AD + AE = AE + BE = AB ist, so hat man

$$\frac{206264\cdot8x}{12\cdot6} + \frac{206264\cdot8x}{4\cdot4} = 41333600 \text{ oder}$$

$$\frac{x}{12\cdot6} + \frac{x}{4\cdot4} = 200\cdot4 \,, \text{ woraus}$$

$$x = 654 \text{ folgt.}$$

fläche 1·4 Millionen □ Meilen, für seinen körperlichen Inhalt 157 Millionen Kubikmeilen (= 0·06 des Erdvolumens).

3) Der Merkur durchläuft seine bei 50 Millionen Meilen lange und gegen die Ekliptik 7° geneigte Bahn mit einer Geschwindigkeit von 6·6 Meilen siderisch in 87·969, tropisch in 87·968 Tagen; dagegen braucht er zu einer synodischen Revolution 115·875 Tage. [1]) Für die Dauer der Rotation dieses Planeten haben die Astronomen $24^h\,5'$ gefunden.

4) Wenn Merkur zur Zeit seiner untern Conjunktion nahe bei einem Knoten steht, so sieht man ihn als kleinen ganz schwarzen Kreis an der Sonnenscheibe vorüberziehen. Diese Erscheinung heißt ein Merkurdurchgang. [2]) Solche ereignen sich in diesem Jahrhundert noch folgende sechs: 11. November 1861; 4. November 1868; 6. Mai 1878; 7. November 1881; 9. Mai 1891; 10. November 1894.

§. 82. Venus (♀).

1) Dieses Gestirn, der schönste, durch sein starkes, blendendweißes Licht sich auszeichnende Stern des Himmels [3]), je nach seiner Stellung zur Sonne bald Abendstern (Hesperus), bald Morgenstern (Lucifer) genannt, entfernt sich von der Sonne östlich und westlich bis auf 45° (höchstens 48°), und ist von ihr im Mittel 0·723 Sonnenweiten [4]), oder sehr nahe 15 Millionen Meilen ent-

1) Bezeichnet s die siderische, t die tropische, S die synodische Revolution eines der untern Planeten, T die tropische Umlaufszeit der Erde, so dienen, wenn eine der Umlaufszeiten des Planeten bekannt ist, zur Auffindung der andern die Gleichungen:

$$1)\ t = s - \frac{50{\cdot}2\,.\,s}{360\,.\,60\,.\,60}\,;\quad 2)\ s = \frac{ST}{S+T}\,;\quad 3)\ S = \frac{sT}{T-s}\,.$$

2) Der erste, welcher einen Merkurdurchgang auf 1631 ankündigte, war Kepler.

3) Schon Homer bezeichnet sie so, indem er (Jl. XXII, 317) sagt:

Οἷος δ' ἀστὴρ εἶσι μετ' ἄστρασι νυκτὸς ἀμολγῷ
Ἕσπερος, ὃς κάλλιστος ἐν οὐρανῷ ἵσταται ἀστήρ.

4) Dieses Resultat folgt annähernd aus der Betrachtung eines rechtwinklig gleichschenkligen Dreieckes. Denn ist (Fig. 23, pag. 91.) in A die Erde, in B die Venus zur Zeit ihrer größten Digression, in C die Sonne, so hat man, da ungefähr $\measuredangle$ BAC = 45° ist, AB = BC, und daher (nach dem pythagor. Lehrs.) $BC = \frac{1}{2}AC\,.\,\sqrt{2} = 0{\cdot}707\,.\,AC$.

fernt. Die Bahn der Venus hat unter allen Planeten die geringste Erzentrizität (nur 0·0069); daher wird ihre größte Entfernung von der Sonne 0·728, ihre kleinste 0·718 Erdweiten, varirt also nur zwischen 15·05 und 14·84 Millionen Meilen. Der Abstand der Venus von der Erde wechselt zwischen 5 und 35 Millionen Meilen.

Die Erleuchtung der Venus durch die Sonne ist nahe 2mal so groß als die der Erde.

2) Der mittlere scheinbare Durchmesser der Venus beträgt 17·1″ (der größte ungefähr 66″, der kleinste 10″); der wahre dagegen ist dem der Erde fast gleich, nämlich (nach Mädler) 1717 Meilen, mithin auch ihre Oberfläche und ihr körperlicher Inhalt.

2) Die Venus vollendet ihre Revolution siderisch in 224·701, tropisch in 224·695 und synodisch in 583·92 Tagen. Sie durchläuft ihre über 94 Millionen Meilen lange Bahn, welche die Ekliptik unter einem Winkel von $3^0\,23{\cdot}5'$ schneidet mit einer Geschwindigkeit von 4·84 Meilen, und dreht sich in $23^h\,21{\cdot}4'$ um ihre Achse.

4) Wie Merkur, so kann auch Venus zur Zeit ihrer untern Conjunktion durch die Sonnenscheibe ziehen, jedoch finden solche **Venusdurchgänge** viel seltener Statt. In diesem Jahrhunderte ereignen sich noch zwei, am 9. Dezember 1874 und 6. Dezember 1882, im nächsten keiner. Sie fallen (bis zum Jahre 3000) immer abwechselnd in die erste Hälfte des Juni oder Dezember; ihre Periode ist 113·5 ± 8 Jahre.

Die Venusdurchgänge sind in der Astronomie von größter Wichtigkeit, da sie das verlässigste Mittel darbieten, die Parallare der Sonne (vgl. §. 37, 2.) zu bestimmen. [1])

Anm. Merkur und Venus zeigen dem Erdbewohner ähnliche Phasen wie der Mond (vgl. §. 47.).

---

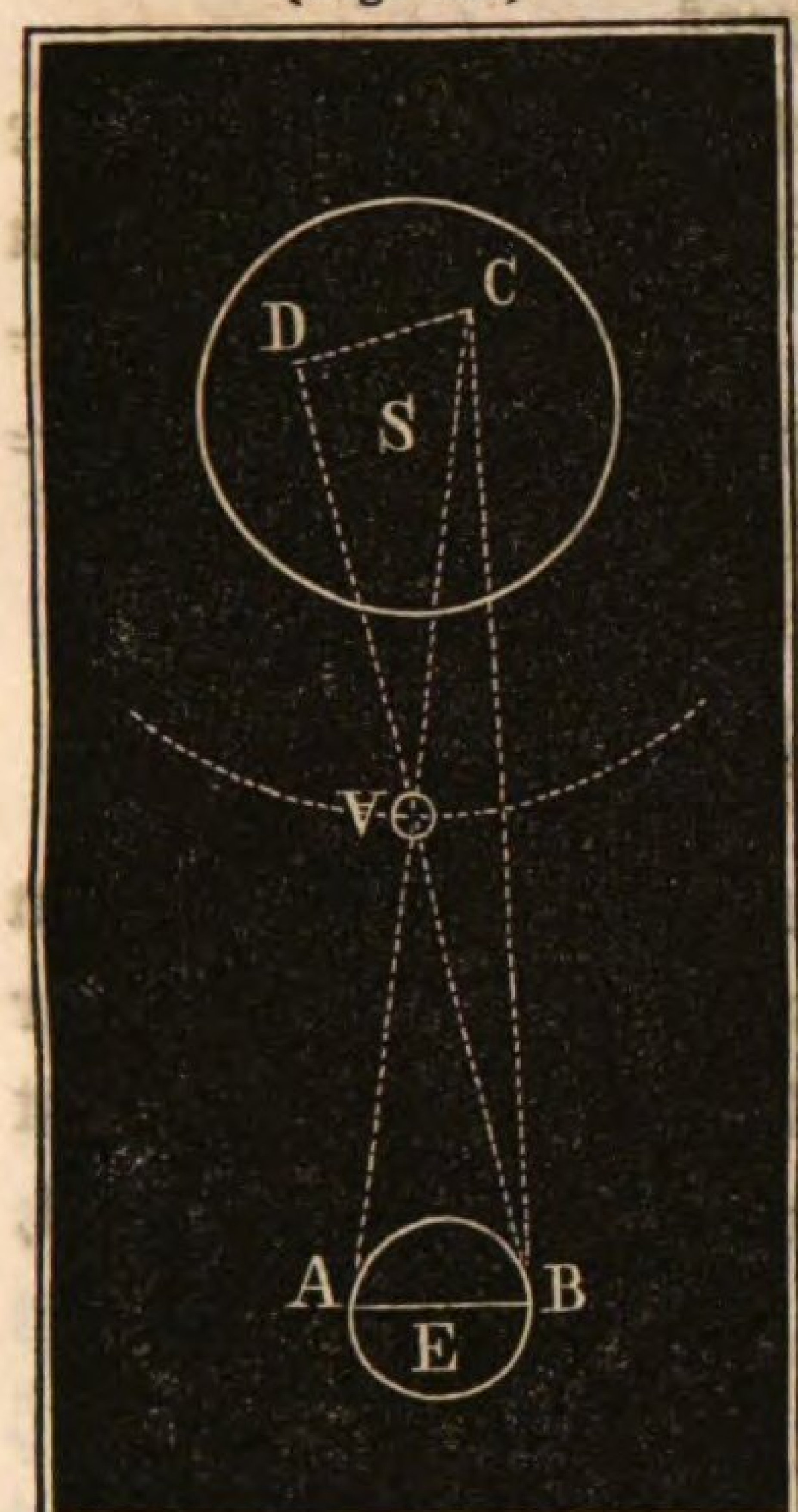
1) Der englische Astronom **Halley** (vgl. pag. 103, Note 2.) machte, durch einen Merkurdurchgang, den er auf St. Helena beobachtete, auf obigen Gedanken geleitet, 1717 die Astronomen auf die Venusdurchgänge am 26. Mai 1761 und 3. Juni 1769 aufmerksam. Seiner Aufforderung wurde durch Beobachtungen in den verschiedensten Gegenden der Erde entsprochen.

Der Gang, welcher bei Bestimmung der Sonnenparallaxe befolgt wurde, läßt sich ungefähr auf folgende Art (elementar) anschaulich machen. Es

§. 83. Mars (♂).

1) Der Planet Mars, an seiner trübröthlichen Farbe erkennbar, ist in seinem mittlern Abstande 1·524 Sonnenweiten oder 31·5 Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Die Exzentrizität seiner Bahn beträgt 0·093, daher sein größter und kleinster Abstand 1·666 und 1·382 Erdweiten oder 34·4 und 28·5 Millionen Meilen. [1])

(Fig. 25.)



sei (Fig. 25.) AB ein Erddurchmesser, welcher auf der Ekliptik senkrecht steht, S die Sonne und in V die Venus, welche zwei Beobachter in A und B zu gleicher Zeit in C und D auf der Sonnenscheibe sehen. Haben nun die Beobachter die Entfernung der Punkte C und D vom Sonnenrande (im Bogen) gemessen, so ist auch CD bekannt. Ferner ist $\triangle$ CDV $\sim$ AVB; daher

$$AB \div CD = AV \div CV \text{ , oder}$$

weil $CV = 0{\cdot}723$ und $AC = 1$, also

$$AV = AC - CV = 0{\cdot}277 \text{ ist,}$$

$$AB \div CD = 0{\cdot}277 \div 0{\cdot}733 \text{ , oder nahezu}$$

$$= 2 \div 5 \text{ ; also}$$

$$AB = \tfrac{2}{5}CD \text{ und } AE = \tfrac{1}{5}CD \text{ .}$$

Findet man nun z. B. $CD = 42{\cdot}8''$, so ist AE, d. i. die scheinbare Größe des Erdradius aus der Sonne gesehen, also die Sonnenparallaxe $= 8{\cdot}56''$.

1) Man erhält diese Werthe annähernd auf folgende Art: Ist (Fig. 24.) der innere Kreis die Erd-, der äußere die Marsbahn, S die Sonne, so läßt sich, wenn man den scheinbaren Diameter des Planeten zur Zeit seiner Conjunktion (in B) und seiner Opposition (in A), wenn die Erde in D steht, beobachtet, sein wahrer Durchmesser (x), und mittelst dessen sein größter und kleinster Abstand von der Erde, und hieraus sein mittlerer von der Sonne finden. Denn es ist $BD = DE + BE = DE + AD$. Sind nun die beobachteten scheinbaren Diameter $17{\cdot}5''$ und $3{\cdot}5''$, so hat man

$$\frac{206264{\cdot}8x}{3{\cdot}5} = 41333600 + \frac{206264{\cdot}8x}{17{\cdot}5} \text{ , oder}$$

$$\frac{x}{3{\cdot}5} - \frac{x}{17{\cdot}5} = 200{\cdot}4 \text{ , woraus}$$

$$x = 880 \text{ folgt. Es wird demnach}$$

$BD = 206264{\cdot}8 . 880 : 3{\cdot}5 = 51{\cdot}86$ Millionen Meilen, und

$AD = 206264{\cdot}8 . 880 : 17{\cdot}5 = 10{\cdot}37$ „ „ ; also

$AS = \frac{1}{2}AB = 31{\cdot}12$ Millionen Meilen.

Seine Abstände von der Erde wechseln zwischen 7 und 55 Millionen Meilen. Er wird von der Sonne ungefähr 2·4mal schwächer erleuchtet, als die Erde.

2) Der mittlere scheinbare Diameter des Mars beträgt 5·8″ (der größte 23″, der kleinste 3·3″), der wahre 890 Meilen (also etwas mehr als 0·5 Erddiameter); daher wird die Oberfläche des Körpers 2·5 Millionen □ Meilen, und sein Inhalt 372 Millionen Kubikmeilen, mithin ungefähr $\frac{1}{7}$ des Erdkörpers.

3) Mars vollendet seine siderische Revolution in 686·98, seine tropische in 686·93 und seine synodische in 780 Tagen oder 2 Jahren 49·5 Tagen. [1]) Seine Bahn, in der er sich mit einer Geschwindigkeit von 4·34 Meilen fortbewegt, ist gegen die Ekliptik 1° 51·1′ geneigt; seine Rotationszeit beläuft sich auf 24^h 37·4′.

§. 84. Die Planetoiden (① bis ㊷).

1) Die Lücke, welche in der Reihenfolge der Planeten zwischen Mars und Jupiter schon Kepler bemerkte, wurde seit dem 1. Januar 1801, an welchem Piazzi in Palermo die Ceres entdeckte, bis jetzt durch die Entdeckung von 42 telescopischen Planeten ausgefüllt, welche oben (§. 72, 5.) angegeben sind. [2])

---

1) Haben s, S und T dieselbe Bedeutung, wie oben (pag. 93, Note 1), so hat man zur Bestimmung von s oder S hinsichtlich eines obern Planeten, die Gleichungen:

$$1)\ s = \frac{ST}{S-T}\ ;\quad 2)\ S = \frac{sT}{s-T}\ ;$$

denn während einer siderischen Revolution macht der Planet 360°, also täglich 360 : s, und daher bei einem synodischen Umlaufe, d. i. in S Tagen, 360S : s. In derselben Zeit legt die Erde den Weg 360S : T zurück. Dieser Weg ist aber gegen den des Planeten um 360° zu groß; folglich hat man zur Herstellung obiger zwei Formeln die Gleichung

$$\frac{360S}{s} + 360 = \frac{360S}{T}\ ,\quad \text{oder}\quad \frac{S}{s} + 1 = \frac{S}{T}\ .$$

2) Den Sammelnamen Planetoiden erhielten sie theils wegen ihrer äußern Aehnlichkeit und Kleinheit, theils deßhalb, weil ihre Bahnen so untereinander verschlungen sind, daß sie eine Familie auszumachen und in Gemeinschaft den in der geometrischen Reihe fehlenden Planeten zu ersetzen scheinen.

2) Die mittlere Entfernung der Planetoiden von der Sonne beträgt zwischen 2·20 und 3·64 Sonnenweiten oder zwischen 45·47 und 75·23 Millionen Meilen. Sie werden daher von der Sonne 5 bis 12mal schwächer erleuchtet als die Erde. Dieser nähern sie sich von 7 bis 38, und entfernen sich von ihr von 54 bis 92 Millionen Meilen.

3) Ihre siderischen Umläufe vollenden dieselben zwischen 3·25 und 6·94 (also nahezu 7 Jahren) in Bahnen, deren Exzentrizitäten zwischen 0·069 und 0·256 liegen, mit einer Geschwindigkeit, die zwischen 2·78 und 2·16 Meilen varirt. Die mittlere synodische Revolutionszeit ist ungefähr $1\frac{1}{3}$ Jahre. Die Neigungen ihrer Bahnen gegen die Ekliptik betragen zwischen 0·7° (Massalia) und 34·6° (Pallas).

§. 85. Jupiter (♃).

1) Dieser Planet ist nach Venus der schönste und hellglänzendste Stern des Himmels, leuchtet mit gelblichem, ruhigem Lichte, und zeigt sich schon in mäßig vergrößernden Fernröhren als Scheibe, welche in der Mitte von dunklen, zum Aequator parallelen Streifen durchzogen ist. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 5·203 Erdbahnhalbmesser oder 107·5 Millionen Meilen; die Exzentrizität seiner Bahn ist 0·048, daher sein kleinster Abstand 4·95, sein größter 5·45 Erdweiten oder 102·1 und 112·5 Millionen Meilen. Seine Entfernungen von der Erde variren zwischen 82 und 133 Millionen Meilen; die Stärke des Sonnenlichtes ist auf ihm etwa 27mal schwächer, als auf der Erde.

2) In der mittlern Entfernung Jupiters ist der scheinbare Durchmesser seines Aequators 38·4″ (der größte ist 46″, der kleinste 30″), der seiner Achse 35·6″; hieraus findet sich für die wahre Größe des Aequatordurchmessers 20018, für die der Achse 18524, also für den mittlern Diameter 19270 Meilen (oder 11·2 Erddurchmesser). Aus dem letztern berechnet sich die Oberfläche des Körpers zu 1166·6 Millionen □ Meilen, sein Kubikinhalt zu 3·75 Billionen Kubikmeilen. Er ist also 1414mal so groß als die Erde.

3) Jupiter durchläuft seine gegen die Ekliptik 1° 18·7′ geneigte Bahn mit einer Geschwindigkeit von nur 1·8 Meilen siderisch in sehr nahe 11·862, tropisch in 11·856 Jahren. Der Zeitraum zwischen

zwei aufeinander folgenden Oppositionen beträgt nahe 1 Jahr 33·6 Tage. Eine Rotation um seine Achse vollendet Jupiter in der zu seinem großen Durchmesser verhältnißmäßig ungemein kurzen Zeit von nicht ganz 10 Stunden (genauer 9^h 55·44′), seine Rotationsgeschwindigkeit ist also 27mal größer als die der Erde; daher auch die sehr starke Abplattung desselben, nämlich $\frac{1}{14}$.

4) Auf seinem Wege um die Sonne begleiten diesen Planeten 4 Trabanten, welche sogleich nach der Erfindung der Fernröhren entdeckt wurden 1), und fast bei jedem Umlaufe eine Sonnen- und Mondsfinsterniß für den Hauptplaneten mit sich führen. Sie bewegen sich in ihren Bahnen, die vom Kreise beinahe gar nicht abweichen, mit sehr großer Geschwindigkeit, der erste in einer Entfernung von fast 58300 Meilen in $1\frac{3}{4}$ Tagen, der zweite in $3\frac{1}{2}$ Tagen, der dritte in $7\frac{1}{6}$ Tagen und der vierte in $16\frac{2}{3}$ Tagen.

Zus. Die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten führten auf die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes. Der dänische Astronom Olaus Römer machte nämlich (im Jahre 1675) die Bemerkung, daß jene Verfinsterungen entweder 8′ 13″ früher oder später eintraten, als es nach der Berechnung geschehen sollte, je nachdem Jupiter in Opposition oder in Conjunktion stand. Dadurch kam er auf den Gedanken, daß ein vom Jupiter zur Erde übergehender Lichtstrahl eine, wenn auch sehr kurze Zeit brauchen müsse. Da nun Jupiter in seiner Conjunktion mit der Sonne von der Erde um den ganzen Durchmesser der Erdbahn, also um 41333600 Meilen weiter entfernt ist, als bei seiner Opposition (vgl. Fig. 24.), so braucht der Lichtstrahl, um diesen Weg zudurchlaufen, 16′ 26″ = 986″, macht also in einer Sekunde 41333600 : 986 = 41920 Mln. = 48·75 Erdradien. 2)

1) Von Simon Marius (Mayr aus Gunzenhausen, Mathematiker des Markgrafen von Ansbach) am 29. Dezember 1609, dann von Galiläi, am 7. Januar 1610. Ersterer nannte sie Sidera Brandeburgica, letzterer Sidera Medicea. Sie haben jedoch bis jetzt keine eigenen Namen, sondern werden nur der Ordnung nach gezählt.

2) Diese Entdeckung Römer's wurde 50 Jahre später durch die von Bradley über die Aberration des Lichtes (vgl. §. 35, 3.) bestätigt; denn berechnet man den Bogen, den die Erde in 8′ 13″ = 493″ zurücklegt, so findet man die Aberrationswinkel, nämlich 20·25″.

§. 86. Saturn (♄).

1) Die mittlere Entfernung dieses Planeten, der an seinem matten röthlichen Lichte um so leichter erkennbar ist, da er gegen 2·5 Jahre in demselben Zeichen des Thierkreises bleibt, beträgt 9·539 Sonnenweiten oder 197·25 Millionen Meilen. Die Exzentrizität seiner Bahn ist 0·056, daher seine kleinste und größte Entfernung 9·004 und 10·073 Erdweiten, oder 186·25 und 208·25 Millionen Meilen. Seine Abstände von der Erde gehen von 165·5 bis 229 Millionen Meilen. Das Licht der Sonne ist auf dem Saturn 91mal schwächer, als auf der Erde.

2) Der scheinbare Aequatorialdurchmesser Saturns ist in mittlerer Entfernung 17·05, der Polardiameter 15·38″ (ersterer in der Opposition 20·3″, in der Conjunktion 14·7″); daher wird der wahre Durchmesser 16300, die Achse 14700, also die Abplattung 0·1, und der mittlere Diameter 15500 Meilen (oder 9 Erddurchmesser). Hieraus findet man für die Oberfläche 755·5 Millionen □ Meilen, und für den körperlichen Inhalt 1·95 Billionen Kubikmeilen. Er ist somit beinahe 735mal so groß als die Erde.

3) Die Bahn des Saturn ist gegen die Ekliptik 2° 29·5′ geneigt, und er durchläuft dieselbe, mit einer Geschwindigkeit von nur 1·34 Meilen sich fortbewegend, siderisch in 29·458, tropisch in 29·424 Jahren. Sein synodischer Umlauf beträgt 1 Jahr 12·8^{t}, und die Zeit einer Umdrehung um seine Achse 10^{h} 29·3′.

4) Saturn wird von 8 Trabanten umkreist, die jedoch mit Ausnahme des sechsten nur durch sehr gute Fernröhren wahrnehmbar sind. Man hat ihnen eigene Namen gegeben (Mimas, Enceladus, Thetys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Japetus); ihre fortschreitende Bewegung um den Hauptplaneten ist sehr schnell (zwischen 22·6 Stunden und 79·33 Tagen).

5) Eine ganz eigenthümliche Erscheinung sind bei dem Saturn außer den Aequatorialstreifen, welche sich bei ihm, wie bei Jupiter finden, die ihn concentrisch umgebenden Ringe [1]), welche sehr breit und dünn sind, und frei in der Ebene seines Aequators schweben.

---

1) Ihr Dasein hat zuerst im Jahre 1655 der holländische Physiker und Mathematiker Christ. Huyghens (1629—1695) erkannt.

Ihre Radien sind a) beim äußern 19045 und 16762, b) beim innern 16375 und 12667 Meilen. [1])

§. 87. Uranus (♅).

1) Dieser telescopische Planet [2]) ist in seinem mittlern Abstande 19·182 Sonnenweiten oder 396·43 Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Die Exzentrizität der Uranusbahn ist 0·0466; daher seine kleinste Entfernung 18·288, seine größte 20·076, oder beziehungsweise 378 und 415 Millionen Meilen. Sein Abstand von der Erde wechselt zwischen 357·25 und 435·75 Millionen Meilen. Von der Sonne wird er über 366mal schwächer als die Erde erleuchtet.

2) Der mittlere scheinbare Durchmesser von 3·9″ (der größte ist 4·3″, der kleinste 3·5″) ergibt einen wahren von ungefähr 7470 Meilen (oder nahe 4·34 Erddiameter), also eine Oberfläche von 176 Millionen □ Meilen und einen Körperinhalt von 218000 Millionen Kubikmeilen, d. i. das 82fache des Erdvolumens.

3) Die siderische Umlaufszeit des Uranus beläuft sich auf 84 Jahre 5·82 Tage, seine tropische auf 83 Jahre 271·16 Tage, und zwischen zwei nächsten Oppositionen verfließt 1 Jahr 4·4 Tage. Seine Bahn, in der er sich mit einer Geschwindigkeit von 0·94 Meilen fortwälzt, ist gegen die Ekliptik 0° 46·5′ geneigt.

4) Auf seiner Wanderung um die Sonne wird Uranus von 8 Trabanten begleitet, welche (so weit es bis jetzt bekannt ist) sehr schnell ihre Bahnen durchlaufen. Die Dauer seiner Achsendrehung ist noch unbekannt.

§. 88. Neptun (♆).

1) Der mittlere Abstand des Neptun [3]) von der Sonne beträgt

---

1) Dividirt man diese Werthe durch 951, so erhält man die scheinbaren Größen dieser Radien in Sekunden.

2) Herschel (vgl. pag. 83, Note 1.) wollte ihn Georg III., König von England, zu Ehren Georgsgestirn (Georgium Sidus) nennen, einige französische Astronomen schlugen den Namen des Entdeckers selbst vor, Bode (in Berlin) nannte ihn Uranus, und diese Benennung ist auch im Allgemeinen angenommen worden.

3) Schon der berühmte Astronom Fr. Wilh. Bessel (geb. in Minden

30·036 Erdbahnradien oder 620·76 Millionen Meilen. [1]) Seine Bahn hat eine Exzentrizität, welche = 0·0088 ist, woraus sich für seine kleinste und größte Entfernung 29·77 und 30·3 Erdweiten, oder beiläufig 616 und 627 Millionen Meilen ergeben. Seine Entfernung von der Erde wechselt zwischen 595 und 648 Millionen Meilen. Die Stärke des Sonnenlichtes ist auf Neptun 900mal schwächer, als auf der Erde.

2) Der mittlere scheinbare Diameter Neptuns ist 2·6″ (der kleinste 2·5″, der größte 2·7″), woraus sich der wahre zu 7830 Meilen (oder 4·55 Erddurchmesser, und daher eine Oberfläche von 192·6 Millionen □ Meilen, und ein körperlicher Inhalt von 251000 Millionen Kubikmeilen ergibt, welcher das 94·4fache des Erdvolumens ist.

3) Die siderische Umlaufszeit dieses Planeten beträgt 164 Jahre 223·8 Tage, die tropische 163 Jahre 209·64ᵗ, die synodische 1 Jahr 2·25 Tage. Seine Bahn ist gegen die Ekliptik 1° 47′ geneigt; seine mittlere Geschwindigkeit ist 0·76 Meilen.

4) Die Rotationszeit Neptuns ist noch unbekannt, sowie auch Genaueres über seine zwei Trabanten.

Anm. Denkt man sich ein Modell unseres Sonnensystems auf einer Rundtafel, in deren Mitte sich die Sonne als eine Kugel von 1 Zoll Durchmesser befände, so würden die Planeten in folgenden Abständen von ihr anzubringen sein: Merkur 3·5, Venus 6·5, die Erde beinahe 9, Mars 14, die Asteroiden 25, Jupiter 46·5, Saturn 86, Uranus 172 und Neptun 270 Fuß; dabei würde jedoch mit Berücksichtigung des Größenverhältnisses die Erde nur 0·1 Linien im Durchmesser haben dürfen, Jupiter 1·2 Linien ꝛc.

---

22. Juli 1784, gest. zu Königsberg 17. März 1846) war nebst andern Astronomen der Ansicht, daß die Störungen in der Uranusbewegung von einem noch weiter entfernten Planeten herrühren. Der französische Mathematiker Leverrier bestimmte seinen Ort am Himmel annähernd durch Rechnung, und Dr. Galle, Observator der Sternwarte in Berlin, fand ihn an demselben Tage (23. September 1846), an welchem Leverrier's Brief eintraf, der die wahrscheinliche Position des Planeten angab.

1) Diesen Weg durchläuft das Licht in 4·1 Stunden; ein Dampfwagen dagegen, der in jeder Stunde 5 Meilen zurücklegte, würde über 14160 Jahre brauchen.

§. 89. Kometen.

1) Die Kometen (Haar= oder Schweifsterne) sind jene zum Systeme unserer Sonne gehörigen Körper, welche sich theils durch ihre sonderbare und mannigfache Gestalt und Größe, theils durch ihre eigenthümliche Bewegung sowie ihr Erscheinen und Verschwinden, insbesondere aber meistens durch einen (der Sonne abgekehrten) glänzenden Lichtschweif [1]) von den übrigen unterscheiden.

2) Bei einem Kometen unterscheidet man dreierlei:

a) den Kern, welcher als eine dichtere, glänzende, planetenartige, aber gewöhnlich kleine Scheibe erscheint, sich jedoch nicht bei allen findet;

b) die Nebelhülle oder Atmosphäre (das Haar), eine den Kern umgebende Dunsthülle [2]), wahrscheinlich aus derselben Materie, wie der Kern, nur mehr und mehr verdünnt, bis sie sich allmählig verliert;

c) den Schweif, welcher eine Fortsetzung der Nebelhülle, aber bei weitem nicht bei allen Kometen vorhanden ist. Er hat sehr mannigfache Länge und Form, ist bald gerade, bald gebogen, einfach, doppelt oder mehrfach, überdieß so fein, daß er das Licht der Sterne ohne Brechung hindurchläßt.

3) Ueber die Anzahl der Kometen läßt sich etwas Bestimmtes nicht sagen; die Geschichte erwähnt gegen 500, eine jedenfalls viel zu kleine Anzahl.

4) Die Bahnen der Kometen sind sehr langgestreckte Ellipsen, deren einen Brennpunkt die Sonne einnimmt, und in welchen der Abstand des Kometen im Perihelium von dem im Aphelium 50 bis 100mal übertroffen wird, und welche manche erst in Tausenden von Jahren durchlaufen. [3])

---

1) Daher der Name Haar= oder Schweifsterne (von κόμη, das Haar, der Lichtschweif).

2) Kern und Dunsthülle nennt man zusammen auch den Kopf des Kometen.

3) Daß der Aberglaube früherer Zeiten die Kometen für Unglücksboten gehalten, ist bekannt.

§. 90. Periodische Kometen.

Obwohl die Anzahl der zu unserm Sonnensysteme gehörigen Kometen auf mehr als 60000 geschätzt wird, so sind dennoch bisher nur sehr wenige genauer bestimmt. 1) Von diesen sind jene die interessantesten, welche eine kürzere Umlaufszeit haben, und sich daher in kürzern Zeitintervallen beobachten lassen. Dahin gehören folgende acht, die sämmtlich nach ihren Berechnern benannt, und mit Ausnahme des ersten alle telescopisch sind:

1) Halle's 2) Komet mit einer Umlaufszeit von 76 Jahren. Er nähert sich der Sonne bis auf 12 Millionen Meilen, und entfernt sich von derselben bis zu 740 Millionen Meilen. Die vorletzte Erscheinung fand im Jahre 1759, die letzte 1835 Statt;

2) Olber's 3) Komet (entdeckt am 6. März 1815), welcher eine Umlaufszeit von 74 Jahren hat, und in seinem kleinsten Abstande 1·22, im größten 33·98 Erdweiten von der Sonne entfernt ist. Sein nächstes Erscheinen fällt in das Jahr 1887 (Februar);

3) Enke's 4) Komet (von Mechain 1786, später wieder von Pons in Marseille, 26. November 1818 entdeckt), hat eine Umlaufszeit von nahe 3·315 Jahren, ist klein und schwach, steht im Perihel 0·33, im Aphelium 4·07 Erdweiten von der Sonne ab, und hat das Eigenthümliche, daß seine Umlaufszeit sich stets um einige Stunden verkürzt;

4) Biela's Komet (entdeckt von Pons 1805, von Biela 28. Februar 1826 zu Josephsstadt in Böhmen), welcher in 6·74

---

1) Der erste, welcher einen Kometen nach Regeln beobachtete, war Joh. Müller von Königsberg in Franken, gewöhnlich Regiomontanus genannt (1472 in Nürnberg).

2) Edm. Halley war am 20. Oktober 1656 zu Hagerson bei London geboren, wurde 1676 nach St. Helena geschickt, um die Gestirne des südlichen Himmels zu beobachten; 1703 ward er Professor der Geometrie zu Oxford, 1720 k. Astronom zu Greenwich, und starb am 14. Januar 1742.

3) Heinr. Wilh. Olbers war Arzt in Bremen, und beschäftigte sich mit großem Erfolge mit Astronomie. Er ist auch Entdecker der Planeten Pallas (1802) und Vesta (1807).

4) Joh. Franz Enke ist am 23. September 1791 zu Hamburg geboren, und seit 1825 Direktor der Sternwarte in Berlin.

Jahren um die Sonne läuft, und sich ihr bis zu 0·94 Erdweiten nähert, und wieder 6·26 sich entfernt. Er ging im Oktober 1832 durch die Erdbahn, und spaltete sich im Dezember 1845 in zwei Theile, deren jeder seinen Kern und Schweif hatte;

5) Faye's Komet (entdeckt zu Paris am 22. November 1843) hat eine Umlaufszeit von 7·46 Jahren. Sein Abstand von der Sonne ist im Perihelium 1·69, im Aphelium 5·93 Erdweiten;

6) de Vico's Komet (entdeckt zu Rom, 22. August 1844) umläuft die Sonne in 5·46 Jahren, und ist von ihr im Perihelium 1·19, im Aphelium 5·02 Sonnenweiten entfernt;

7) Brorsen's Komet (entdeckt zu Kiel, 26. Februar 1846) bewegt sich um die Sonne in 5·58 Jahren, und steht von ihr im Perihel 0·65, im Aphelium 5·64 Erdweiten ab;

8) d'Arrest's Komet (entdeckt zu Leipzig, 27. Juni 1851) durchläuft seine Bahn in 6·5 Jahren, und ist im Perihel 1·17, im Apelium 6·44 Erdbahnhalbmesser von der Sonne entfernt.

Anm. Außer den oben genannten Kometen, deren Elemente genauer bekannt sind, mögen noch folgende erwähnt werden:

a) der Komet von 1680, welcher von G. Kirch in Koburg entdeckt wurde, und den Pastor Dörfel zu Plauen (in Sachsen) auf eine richtige Vorstellung von der Form der Kometenbahnen führte. Er näherte sich der Sonne bis auf 128000 Meilen (0·006 Erdweiten); dagegen ergibt die Rechnung, daß er sich 17700 Millionen Meilen oder über 850 Erdweiten von ihr entferne, und eine wahrscheinliche Umlaufszeit von mehr als 8800 Jahren habe. Seine Geschwindigkeit ergab sich im Perihel zu 53 Meilen, im Aphelium nur zu 10 Fuß. Sein Schweif von 80° muß wenigstens eine wahre Länge von 10 Millionen Meilen gehabt haben;

b) der große und schöne Komet von 1769, welchen der Franzose Messier entdeckte. Sein Schweif war im September über 90° oder 40 Millionen Meilen lang. Er wird (nach Bessel) im Jahre 3789 wiederkehren, hat also eine Revolutionszeit von mehr als 2000 Jahren;

c) der Komet von 1807, entdeckt im September von den Augustinern zu Castro Giovanni in Sizilien, hatte einen sehr schönen Doppelschweif. Seine Umlaufszeit ist (nach Bessel) 1713·5 Jahre, innerhalb welcher er sich 5910 Millionen Meilen von der Sonne entfernt;

d) der Komet von 1811, dessen Schweif eine Länge von 12 bis 15 Millionen Meilen hatte, wurde zuerst am 26. März von Flaugergues in Viviers beobachtet. Seine Umlaufszeit fand man = 3065 Jahre, sein Perihel gegen 20, sein Aphelium gegen 8700 Millionen Meilen oder 420 Erdweiten;

e) der Komet von 1843, welcher im Monat März an mehrern Orten sogar am hellen Tage, nahe bei der Sonne gesehen wurde. Die Ausdehnung seines Schweifes betrug gegen 60°, woraus man eine wirkliche Länge von 30—40 Millionen Meilen ableitete. Seine Umlaufszeit ist nach den angestellten Berechnungen unbestimmt.

VIII. Kapitel. Der Fixsternhimmel.

§. 91. Fixsterne und ihre Anzahl.

1) Unter einem Fixstern (stella fixa, ἀστὴρ ἀπλανής) versteht man jeden der unzählbaren Sterne, welche mit eigenem, funkelnd (scintillirend) leuchtendem Lichte den nächtlichen Himmel schmücken [1]), stets in einerlei Lage und Entfernung von einander zu bleiben scheinen, und außerhalb des Bereichs der Wirksamkeit unserer Sonne stehen.

2) Die Anzahl der Fixsterne ist unbestimmbar. Das unbewaffnete Auge zählt ungefähr 5000 derselben; diese Anzahl wächst aber in's Unendliche an, wenn man den Himmel aufmerksam mit bewaffnetem Auge mustert. [2]) Diese letztern, nur durch Fernröhren wahrnehmbaren Sterne nennt man daher telescopische Sterne.

Zus. Die Fixsterne sind Sonnen, leuchten wie diese mit eigenem Lichte, und sind vielleicht ebenso von Planeten ꝛc. wie unsere Sonne begleitet.

---

1) Nimmt man die Entfernung eines Fixsterns nur zu 4 Billionen Meilen oder 193500 Erdweiten an, so beträgt der scheinbare Durchmesser der Sonne, der für die Erde = 1920″ ist, auf dem Stern nur 1920 : 193500 = 0·00992″, also nicht ganz 0·01″; derselbe kann also unmöglich sein Licht von der Sonne empfangen.

2) Herschel beobachtete auf einem Streifen, der ungefähr den 1375. Theil des Himmels betrug, 50000 Sterne. Nimmt man eine gleichförmige Vertheilung der Sterne an, so würde demnach die Anzahl der Sterne 68·75 Millionen betragen.

§. 92. Eintheilung der Fixsterne.

Die Eintheilung der Fixsterne gründet sich theils auf ihre gegenseitige Stellung und Verbindung einzelner zu **Gruppen** oder **Constellationen**, theils auf ihre **Größe** (vgl. pag. 12, Note 1.).

1) Die Gruppirung der Fixsterne in Constellationen, gewöhnlich **Sternbilder** (**Asterismen**) genannt, fällt zum Theile in das graueste Alterthum zurück. [1]) Der Almagest des Ptolemäus zählt 48 Sternbilder (die nach ihm die ptolemäischen heißen) auf, von welchen nebst den 12 Bildern des Thierkreises 21 in der nördlichen, und 15 in der südlichen Hemisphäre liegen. [2]) Gegenwärtig beträgt die Anzahl der Sternbilder 109. Die einzelnen Sterne

---

1) Schon im Buche **Job** 9, 9. und 38, 31. finden sich der **Wagen** (große Bär), der **Orion**, welcher כְּסִיל (der Starke oder der Riese) heißt, und das **Siebengestirn** (die Plejaden) erwähnt, ferner der **Drache**, 26, 13, welcher die Schlange (נָחָשׁ) genannt wird.

2) Die ptolemäischen Sternbilder sind außer denen des Thierkreises (§. 19.) folgende:

a) **nördliche:**

1. der kleine Bär,
2. der große Bär,
3. der Drache,
4. Cepheus,
5. der Ochsenhüter (Bootes),
6. die nördliche Krone,
7. Herkules,
8. die Leier,
9. der Schwan,
10. Cassiopeia,
11. Perseus,
12. der Fuhrmann,
13. der Schlangenträger (Ophiuchus),
14. die Schlange,
15. der Pfeil,
16. der Adler,
17. der Delphin,
18. das kleine Pferd,
19. Pegasus,
20. Andromeda,
21. der Triangel.

b) **südliche:**

1. der Wallfisch,
2. Orion,
3. der Eridanus,
4. der Hase,
5. der kleine Hund,
6. der große Hund,
7. das Schiff,
8. die Hydra,
9. der Becher,
10. der Rabe,
11. der Centaur,
12. der Wolf,
13. der Altar,
14. die südliche Krone,
15. der südliche Fisch.

Später kamen noch **Antinous** und das **Haar der Berenice** hinzu.

eines Sternbildes werden entweder mit eigenen (meistens arabischen) Namen, oder mit griechischen (auch lateinischen) Buchstaben oder durch Zahlen bezeichnet.

2) Die Eintheilung der Sterne in Größenklassen beruht nur auf ihrem hellern oder schwächern Glanze, und man unterscheidet demnach dieselben in Klassen von 1. bis 12., oder 1. bis 20. Größe. [1]) Nur die Sterne der ersten sechs Klassen sind dem bloßen Auge sichtbar, die übrigen sind telescopisch.

Man zählt nur 18 Sterne erster, dagegen ungefähr 65 zweiter, 195 dritter, 425 vierter, 1100 fünfter und 3200 sechster Größe, also in jeder folgenden Klasse 3 bis $3\frac{1}{2}$mal so viele, als in der nächst vorhergehenden. Die Sterne erster Größe sind:

a) nördlich:	b) südlich:
α des Fuhrmanns, Capella,	β des Orion, Rigel,
α der Leier, Wega,	α des großen Hundes, Sirius,
α des Bootes, Arktur,	α der Jungfrau, Spica,
α des Stiers, Aldebaran,	α des Skorpions, Antares,
α des Löwen, Regulus,	α des südl. Fisches, Fomahand,
α des Orion, Beteigeuze,	α des Schiffes, Kanopus,
α des Adlers, Atair,	α des Eridanus, Acharnar,
β des Löwen, Denebola,	α des Centauren,
α des kleinen Hundes, Procyon,	α des südlichen Kreuzes.

Die letzten vier dieser Sterne sind in unsern Gegenden unsichtbar. [2]) Denebola wird öfter nur als Stern 2. Größe, dagegen α des Schwans, Deneb, als Stern 1. Größe angenommen.

---

1) Zu den Sternen erster Größe zählte Kepler jene, welche sichtbar werden, wenn die Sonne 12° unter dem Horizont steht; ist sie 13° unter demselben, so erscheinen die Sterne 2. Größe u. s. f.

2) Das ptolemäische oder hipparch'sche Sternverzeichniß zählt 15 Sterne erster Größe, welche folgende Verse enthalten:

Prima luce *Canis major* praefulget in austro;
Mox *Humerus dexter, Pes laevus Orionis;* inde
Est *Oculus Tauri;* supraque *Corusca Capellae;*
Inde *Lyra; Arcturus; Cor Scorpii; Arista Puellae;*
Anteit *Cor Hydrae;* sic *Cor* et *Cauda Leonis;*
Est infra *Fomahand;* fulgensque *Canopus, Acharnar.*

Anm. Die Fixsterne zeigen auch eine Verschiedenheit in der Farbe. Die meisten scheinen weiß, so z. B. Sirius, Wega, Regulus und Spica. Dagegen sind Aldebaran, Arktur und Beteigeuze roth; Atair, Capella und Procyon gelb; in den Zwillingen ist Castor (α) grünlich, Pollux (β) röthlich; der Polarstern (α des kleinen Bären) ist gelb; η in der Leier bläulich u. s. w.

§. 93. Die Milchstraße.

1) Milchstraße (via lactea, γαλαξίας κύκλος) nennt man jenen weißen Streifen [1], der fast in der Richtung eines größten Kreises sich um den Himmel zieht, und aus einer unendlichen Anzahl kleiner Sterne besteht, die das unbewaffnete Auge nicht mehr unterscheiden kann, und deren vereinigter Glanz jenen weißen Schimmer, in welchem sie uns erscheint, verursacht. Sie ist nirgends scharf begrenzt, meistens einfach, nur zweimal (im Schwan und südlichen Kreuze) theilt sie sich in zwei Aeste, von welcher der in der südlichen Hemisphäre sich nicht mehr mit dem Hauptstamme vereinigt.

2) Die Anzahl der Sterne der Milchstraße schätzt Herschel auf 18 Millionen. Zugleich macht man die Bemerkung, daß jene Regionen des Himmels, durch welche sich die Milchstraße zieht, vielmehr telescopische Sterne, als die davon entfernteren enthalten, daß dagegen die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne hier nicht häufiger, als anderwärts gefunden werden. Bemerkenswerth sind noch einige inselartig sternleere Stellen der Milchstraße (besonders in der südlichen Halbkugel), die noch dunkler als der übrige Nachthimmel erscheinen, und Kohlensäcke genannt werden.

§. 94. Nebelflecken und Sternhaufen.

1) Nebelflecken oder Nebelmassen heißen jene lichten Stellen des Himmels von sehr mannigfacher Gestalt, die mit einem der Milchstraße ähnlichen Schimmer glänzen. Sie bestehen meistens aus einer großen Menge scheinbar nahe bei einanderstehender Sterne, die das bloße Auge einzeln nicht mehr unterscheiden kann,

---

1) Ovid erwähnt ihrer (Metam. I. 168) mit den Worten:

Est via sublimis coelo manifesta sereno,
(*Lactea* nomen habet) candore notabilis ipso.

und welche deßhalb zusammen nur als eine lichte Wolke erscheinen. Durch Fernröhren betrachtet, lassen sich dieselben entweder in einzelne Sterne auflösen, oder sie bleiben selbst bei den stärksten Vergrößerungen unverändert. Die Anzahl der Nebelflecken ist sehr groß.[1]) Am meisten sind dieselben zusammengedrängt in den Sternbildern des großen Bären, im Hauptbaar der Berenice[2]) und in der Jungfrau. (Doppel- und Ringnebel.)

Von den eigentlichen Nebelflecken sind zu unterscheiden a) die sogenannten Nebelsterne, welche hellglänzende Sterne sind, umgeben mit kreis- oder kugelförmigen Nebeln; b) die planetarischen Nebel, welche eine scharfbegrenzte kreisrunde (seltener elliptische) Gestalt, mehrere Sekunden im Durchmesser haben, und allenthalben gleichförmig erleuchtet sind.

2) Helle Stellen am Himmel, die entweder schon dem freien Auge oder durch schwache Fernröhren als eine Menge nahe beisammenstehender dichtgedrängter Sterne erscheinen, nennt man Sternhaufen oder Sterngruppen; Nebelmassen, die sich durch stärkere Fernröhren in einzelne Sterne auflösen lassen, heißen telescopische Gruppen. Zu der erstern Gattung gehören z. B. die Plejaden[3]) oder das Siebengestirn (auch die Gluckhenne genannt) im Stier, die Krippe (praesepe) im Krebs, eine Gruppe im Haar der Berenice, im Wehrgehänge des Perseus rc. rc.

§. 95. Veränderliche und neue Sterne.

1) Einige Fixsterne zeigen periodisch eine verschiedene Lichtstärke oder scheinbare Größe; man nennt sie deßhalb veränderliche Sterne, und bezeichnet sie gewöhnlich mit dem Beisatze Var. (d. i. variabilis). Der erste, an welchem diese Veränderlichkeit beobachtet wurde, war der Stern *o* im Wallfisch, der deßhalb den Namen des

1) Schon Herschel hat deren über 3000 entdeckt.

2) Berenice war die Gemahlin des ägyptischen Königs Ptolomäus III., Euergetes (230 v. Chr.). Ihre Locken wurden von Conon an den Himmel versetzt, nachdem sie dieselben zum Danke für einen Sieg ihres Gemahls geopfert hatte.

3) Entweder von πλειάς, das zahlreiche, oder von πλεῖν, das Gestirn der Seefahrer.

Wunderbaren (mira Ceti) erhielt. [1]) Seine Periode, innerhalb welcher er von einem Stern 2. Größe bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit abnimmt, beträgt sehr nahe 332 Tage. Einige andere veränderliche Sterne sind noch: Algol oder β des Perseus, Schedir oder α der Cassiopeia, Ras Algethi oder α des Herkules, Alphard oder α der Wasserschlange, Beteigeuze oder α des Orion, η im Schiff Argo. — Diese Veränderungen erklärt man entweder durch eine Rotation der ungleichförmig hellen Körper, oder durch Planeten, welche dieselben umkreisen, und an ihnen vorübergehend uns einen Theil ihres Lichtes entziehen.

2) Besonders bemerkenswerth sind noch einige sogenannte neue Sterne, welche in verschiedenen Zeiten plötzlich erschienen und meist wieder verschwunden sind. [2]) Dahin gehören a) ein Stern in der Cassiopeia, der 1572 von Tycho de Brahe gesehen wurde. Er übertraf anfangs selbst die Venus an Glanz, war sogar am Tage sichtbar, nahm dann allmählig ab und verlor sich 1574; b) ein Stern im Schwan, der von Kepler 1600 gesehen, 19 Jahre lang beobachtet wurde, sich von 1. Größe zeigte und 1621 wieder verschwand; c) ein Stern im Ophiuchus (Schlangenträger), der gleichfalls von Kepler 1604 gesehen wurde, heller als ein Stern der 1. Größe glänzte, aber 1605 spurlos verschwand.

§. 96. Doppelsterne.

1) Das bewaffnete Auge sieht häufig Sterne, welche paarweise und in geringer Entfernung von einander am Himmel stehen. Solche Sterne nennt man Doppelsterne, und unterscheidet zwei Arten derselben: optische und physische.

Optische Doppelsterne sind jene, die in keiner Verbindung zu einander stehen, von denen der eine weit hinter dem andern sich

---

1) Der erste, welcher diese Erscheinung bemerkte, war David Fabrizius im Jahre 1596.

2) Durch die Erscheinung eines solchen Sterns im Jahre 134 v. Chr. Geb. soll Hipparch auf den Entschluß geführt worden sein, das erste Sternverzeichniß anzufertigen. Obwohl dasselbe nur 1022 Sterne enthielt (die gegenwärtigen zählen bis zu 50000 auf), so wurden dennoch auf ihn die Worte Virgil's (Aeneid. III. 515) angewendet:

Sidera *cuncta* notat tacito labentia coelo.

befindet, die also nur beisammen zu stehen scheinen, weil sie für uns fast in derselben Gesichtslinie liegen.

Physische Doppelsterne dagegen sind solche, die nahe bei einander sind und wirklich zusammen gehören, was daraus hervorgeht, daß sie ihre gegenseitige Stellung ändern, und der eine sich um den andern bewegt.

2) Die Anzahl der Doppelsterne ist sehr groß, es sind ihrer bereits gegen 6000 beobachtet. Einige der bemerkenswerthesten sind: a) Mizar oder ζ des großen Bären, ein optischer und physischer Doppelstern. Ungefähr 11 Minuten von Mizar sieht man sogar mit unbewaffnetem, scharfem Auge einen Stern 5. Größe, welcher Alcor [1]) oder das Reiterlein genannt wird und mit Mizar optisch verbunden ist. Viel näher (14″) bei Mizar ist ein anderer mit ihm physisch verbundener Stern, gleichfalls von 5. Größe; ferner b) ζ in der Leier, Abstand 44″; c) Castor oder α der Zwillinge, Abstand gegen 5″; d) der Polarstern oder α des kleinen Bären, Abstand 19″; e) Rigel oder β des Orion, Abstand 9″ 2c. 2c.

Außer den Doppelsternen gibt es auch dreifache oder Tripelsterne, z. B. ζ im Krebs; vierfache, z. B. σ im Orion; fünffache, das sogenannte Trapez bei ϑ im Orion; doppelte Doppelsterne, z. B. ε in der Leier u. s. w.

§. 97. Entfernung und Größe der Fixsterne.

1) Der Durchmesser der Erde zeigt sich im Verhältnisse zu der Entfernung der Fixsterne als eine verschwindend kleine Größe. Es war daher, nachdem die Parallaxe der Sonne bestimmt war, nur noch der Durchmesser der Erdbahn als möglichst größte Standlinie übrig, um eine jährliche Parallaxe der Fixsterne, und daraus ihren Abstand von der Sonne (oder der Erde) bestimmen zu können. Aber auch bei dieser ungeheuren Entfernung von mehr als 41 Millionen Meilen, in welcher die Erde in zwei diametral entgegengesetzten Punkten ihrer Bahn sich befindet, schlugen anfangs alle Versuche der Astronomen, eine Fixsternparallaxe zu entdecken, fehl; denn dieselben zeigten keine Veränderung ihrer gegenseitigen Stellung. Erst

---

1) Die Araber nannten ihn Suha und bedienten sich seiner, um die Schärfe ihres Auges zu prüfen.

in neuerer Zeit (seit 1838) ist es der angestrengten Thätigkeit und dem Scharfsinne mittelst vortrefflicher Instrumente gelungen, die Parallaxen einiger Fixsterne zu bestimmen, und dadurch zu folgenden Resultaten zu gelangen:

a) die Fixsterne zeigen eine wirkliche, in einzelnen Fällen noch wahrnehmbare (jährliche) Parallaxe; 1)

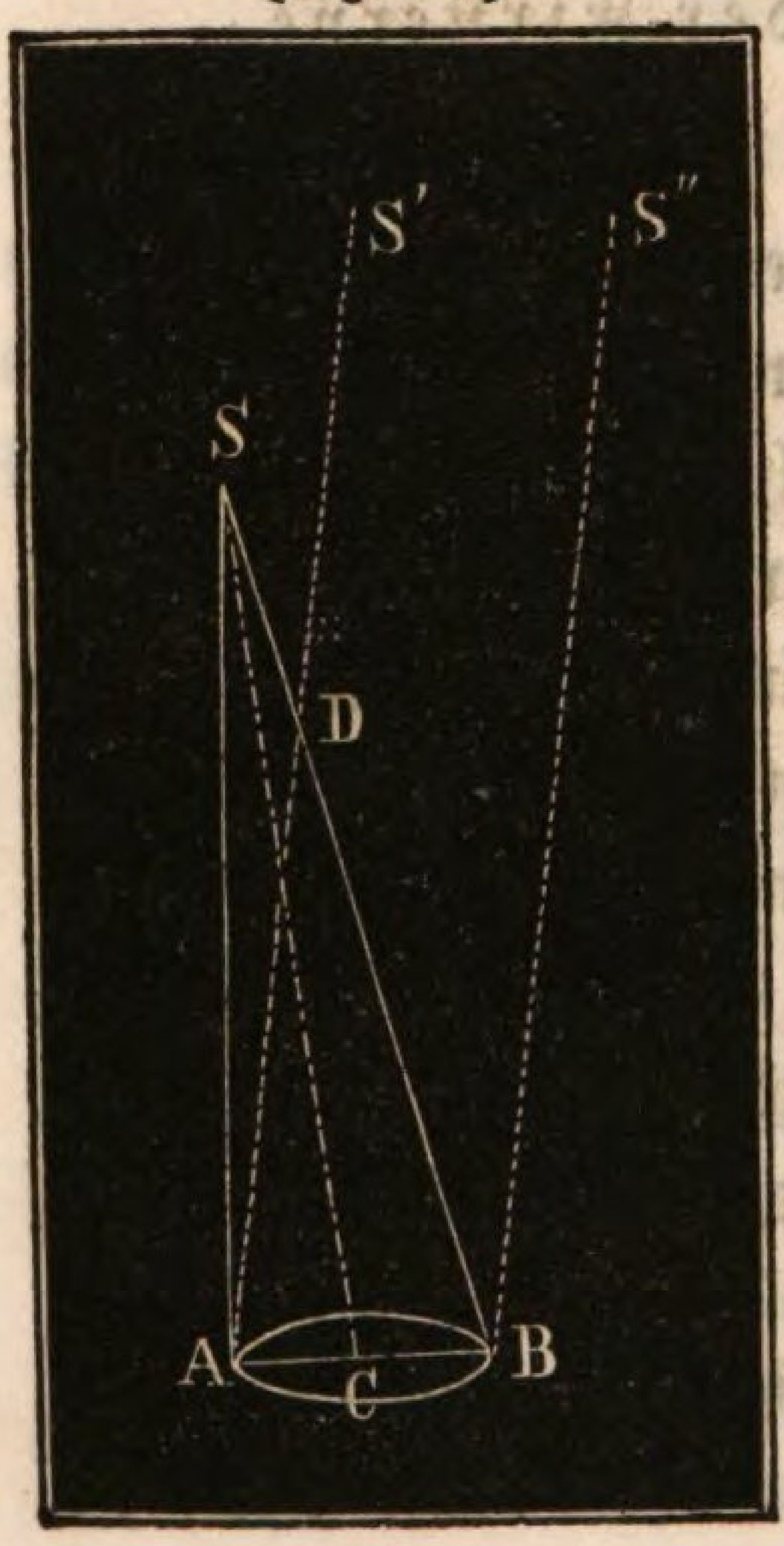
b) die geringste Entfernung eines Fixsterns von der Erde beträgt 200000 Sonnenweiten oder 4 Billionen Meilen. Man nennt diese Entfernung (als größte Maßeinheit) eine **Sternweite**.

Folgendes Täfelchen enthält a) die Parallaxe jener Fixsterne, von welchen bisher eine solche gefunden wurde, b) ihre Entfernung von der Erde in Billionen Meilen:

Stern	Paral.	Entf.	Stern.	Paral.	Entf.
α im Centaur	0·9213	4·638	Arktur . .	0·127	33·564
61 im Schwan	0·3483	12·238	Polarstern	0·067	65·109
Wega	0·2613	16·313	Capella . .	0·046	92·670
Sirius	0·230	18·533			

1) Das Verfahren, welches bei der Parallaxenbestimmung eines Fixsterns in Anwendung gebracht wird, mag ungefähr aus Folgendem einleuchten:

(Fig. 26.)



Es sei (Fig. 26.) AB der Diameter der Erdbahn, S ein Fixstern, dann S′ und S″ ein und derselbe weit hinter S stehende (optische) Doppelstern zu S; so ist die scheinbare Entfernung der beiden Sterne, wenn die Erde sich in A befindet SAS′, dagegen, wenn sie in B steht, SBS″. Nun ist aber in Hinsicht auf das Dreieck ASD:

$\measuredangle$ ASB = SDS′ — SAS′ (Geom. §. 78, Zus. 2.),

oder, weil AB in Bezug auf AS′ verschwindend klein, also AS′ $\#$ BS″, und daher $\measuredangle$ SDS′ = SBS″ ist,

$$\measuredangle \text{ASB} = \text{SBS}'' - \text{SAS}';$$

somit die scheinbare Größe des Radius der Erdbahn, d. i. die Parallaxe des Fixsterns oder

$$\measuredangle \text{ASC} = \tfrac{1}{2}(\text{SBS}'' - \text{SAS}') \text{ und}$$

$$\text{SC} = \frac{206264{\cdot}8\,.\,\text{AC}}{\text{ASC}}.$$

Das Licht legt in einer Sekunde 41900 Meilen, also in einem Jahre 1·32 Billionen Meilen zurück, braucht demnach, um z. B. vom Sirius bis zur Erde zu gelangen, 18·533 : 1·32 = 14·04 Jahre [1]). Würde somit dieser Stern jetzt plötzlich erlöschen, so würden wir ihn noch über 14 Jahre lang mit unverändertem Glanze fortleuchten sehen, indem der letzte von ihm ausgehende Lichtstrahl erst nach dieser Zeit auf der Erde ankäme.

2) Die Fixsterne erscheinen selbst bei der stärksten Vergrößerung eines Fernrohrs nur als leuchtende Punkte, zeigen also keinen bemerklichen scheinbaren Durchmesser; daher läßt sich auch über ihre wahre Größe nichts Zuverlässiges angeben. Nimmt man den scheinbaren Durchmesser der Wega (wie ihn Herschel bei 6450maliger Vergrößerung beobachtet haben will) zu 0·355″ an, so erhält man für ihren wahren nahezu 28 Millionen Meilen oder 146 Sonnendurchmesser, wonach Wega die Sonne an körperlichen Inhalt mehr als 3 millionenmal übertreffen würde.

Anm. Der nächste Fixstern (α im Centauren) würde in dem §. 88. Anm. angeführten Modelle einen Abstand von mehr als 88 Meilen erhalten, und eine Kugel von nahezu 10 Fuß Durchmesser sein müssen, wenn man seinen scheinbaren Diameter zu einer Sekunde annimmt.

§. 98. Bewegung der Sterne, Centralsonne.

1) Durch fortgesetzte Beobachtungen hat man bereits bei 700 Sternen mit Sicherheit gefunden, daß sie nicht absolut feststehen, sondern sich im Raume bewegen. Eine besonders starke Bewegung zeigen der Doppelstern 61 im Schwan, der jährlich 5·1″, und von den größern Arktur, welcher 2″ fortrückt. Diese Bewegung ist entweder a) bloß scheinbar, d. h. eine Folge des Fortrückens unseres Sonnensystems im Raume, wobei die Bewegung der Sonne [2]) etwa 10 Meilen in der Sekunde betragen würde, oder b) eine wirkliche Fortbewegung der Sterne im Weltraume, oder c) beides zugleich, was am wahrscheinlichsten ist.

---

1) Für α des Centauren erhält man 3·5, für 61 des Schwans 9·3, für Wega 12·4, für Arktur 25·4, für den Polarstern 49·3 und für Capella 70·2 Jahre.

1) Daß die Sonne sich im Raume fortbewege, geht aus ihrer Achsendrehung fast mit Gewißheit hervor, da man rotirende und fortschreitende Bewegung bei den Himmelskörpern immer vereint findet.

2) Ob es eine sogenannte **Centralsonne** 1), d. h. einen Körper gebe, um den sich unsere Sonne sammt ihrem ganzen Systeme, sowie auch die übrigen Fixsterne mit ihren etwaigen Systemen sich bewegen, und die also Beherrscherin dieses Systemes wäre, wie die Sonne das ihrige beherrscht, ist zwar nicht unmöglich, aber auch noch lange nicht ausgemacht, da ein Fixstern, der auf diesen Vorzug Anspruch machen könnte, bis jetzt nicht gefunden ist. Wahrscheinlicher ist, daß sich sämmtliche Sterne um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, einige von ihnen wieder (wie die Doppelsterne) gegenseitig um sich bewegen. Eine Entscheidung hierüber muß einer spätern Zeit vorbehalten bleiben.

§. 99. Kenntniß der Sterne.

Die Kenntniß der Namen und Zeichen, welche einzelnen Sternen beigelegt worden, sowie die Auffindung der Sternbilder und einzelner Sterne am Himmel nennt man **Astrognosie** (Sternkenntniß). 2) Als Hilfsmittel zur Erlangung dieser Kenntniß dienen **Himmelsgloben** und **Sternkarten**. In beiden sind die Sterne nach ihrer Größe und ihren verhältnißmäßigen Abständen, wohl auch mit ihren Namen eingetragen.

1) Der **Himmelsglobus** 3) hat in Bezug auf das Allgemeine ganz dieselbe Einrichtung wie der Erdglobus (§. 33, 1.). Um sich mittelst eines solchen in sternhellen Nächten Kenntniß des gestirnten Himmels zu verschaffen, muß der Globus a) nach Ort und Weltgegenden, b) nach der Zeit der Beobachtung orientirt sein. Das erstere geschieht ganz wie beim Erdglobus (§. 42, 6.). Das letztere

1) Man hat eine solche in den Sternbildern des Perseus, des Herkules und im Stier (Alcyone oder η der Plejaden) finden wollen.

2) Von der Astrognosie ist wohl zu unterscheiden die **Astrologie** oder Sterndeuterei (vgl. pag. 86, Note 1.), welche entweder Betrug oder Selbsttäuschung ist.

3) Globen sind sehr alt; man hat solche seit Archimedes und Posidonius (den ersten soll Anaximander 590 v. Chr. verfertigt haben). Sehr große Globen sind der 1656 für den Herzog von Holstein-Gottorp verfertigte mit 11 Fuß im Durchmesser, der sich in St. Petersburg befindet; ferner ein Erd- und Himmelsglobus, welcher von Coronelli (aus Venedig) und Molinet für Ludwig XIV. ausgearbeitet wurde und 12 Pariserfuß im Durchmesser hatte.

wird auf folgende Weise erreicht: Man bringe den Ort der Sonne für den gegebenen Tag unter den Mittagsring, stelle den Zeiger des Stundenkreises auf 12 Uhr Mittag, und drehe dann die Kugel, bis der Zeiger des Stundenkreises jene Stunde der Nacht zeigt, in der man beobachten will; so stehen auf ihr (annähernd) alle Sterne in derselben Lage gegen den Mittelpunkt und Horizont des Globus, in welcher die wirklichen Sterne gegen den Beobachtungsort und seinen Horizont sich befinden.[1])

2) Die einfachste Methode, mit Beiziehung von Sternkarten[2]) Kenntniß der Sterne zu erwerben, besteht in dem sogenannten Alignement (Abstecken). Man versteht darunter die Verbindung noch unbekannter Sterne mit bereits bekannten durch gerade Linien der Karte, die dann am Himmel als Bogen größter Kreise erscheinen. Wenige Sterne von genau bekannter Lage sind hinreichend, um auf diese Art sich bald am Himmel zurecht zu finden. Geht man z. B. von dem allbekannten Sternbilde des großen Bären aus, und zieht eine Gerade durch seine Vorderschultern (α und β), so geht diese verlängert auf der einen Seite zum Polarstern, auf der andern ziemlich nach dem Halbirungspunkte der Geraden zwischen α und β des Löwen. Eine Gerade durch die Hinterschultern (γ und δ) geht durch den Kopf des Drachen und trifft, hinreichend verlängert, die Wega in der Leier, und noch weiter bis zum zweiten Ast der Milchstraße fortgesetzt, Altair im Adler u. s. w.

§. 100. Anwendung des Himmelsglobus.

Von denjenigen Aufgaben, welche sich mittelst eines Himmelsglobus annähernd auflösen lassen, sind folgende die wichtigeren:

1) Die Lage des Himmels für eine beliebige Stunde eines gegebenen Tages anzugeben.

Aufl. Ist bereits in §. 99, 1. gegeben.

---

1) Anfangs wähle man die frühe Abendzeit, oder Nächte mit nicht zu hellem Mondschein, in welchen nur die hellsten Sterne sichtbar sind.

2) Sehr empfehlenswerth ist zu diesem Zwecke: Atlas des gestirnten Himmels von J. J. v. Littrow. Stuttgart bei Hoffmann.

2) Die Rektascension und Deklination eines Sterns anzugeben.

Aufl. Man bringe den Stern unter den Mittagsring, und zähle an demselben die Grade bis zum Aequator, so geben dieselben die Abweichung; und der Grad des Aequators, welcher zugleich im allgemeinen Meridian steht, die gerade Aufsteigung des Sterns.

3) Die Länge und Breite eines Sterns zu bestimmen.

Bringe den Pol der Ekliptik unter den Mittagsring, befestige an ihm über dem Ekliptikpol den Höhenquadranten und führe diesen durch den gegebenen Stern; so geben die zwischen dem Stern und der Ekliptik liegenden Grade des Quadranten die Breite, und der von ihm getroffene Ekliptikpunkt die Länge des Sterns (in Zeichen à 30° und einzelnen Graden).

4) Die Höhe und das Azimuth eines Sterns für eine gegebene Zeit anzugeben.

Aufl. Man stelle den Globus nach der Polhöhe des Beobachtungsortes, suche die Lage des Himmels für die gegebene Stunde, befestige den Quadranten im Zenith der Kugel (also 90° vom Horizont) und führe ihn über den gegebenen Stern; so gibt der Bogen des Quadranten zwischen dem Stern und Horizont die Höhe, der Bogen des Horizonts zwischen dem Vertikalkreis und dem Südpunkte das Azimuth an.

5) Die Zeit der Culmination, des Auf- und Unterganges eines Sterns für einen gegebenen Tag zu finden.

Aufl. Orientire den Globus nach der Polhöhe des Ortes, bringe den Ort der Sonne in den Mittagsring und stelle den Inder des Stundenringes auf 12h Mittag. Hierauf drehe die Kugel, bis der Stern unter dem allgemeinen Meridian, oder am östlichen oder westlichen Horizont steht; so zeigt der Inder die Stunde der Culmination, des Auf- oder Unterganges.

6) Für eine gegebene mittlere Zeit die Sternzeit zu finden.

Aufl. Orientire den Globus nach der Polhöhe, bringe den Ort der Sonne für den gegebenen Tag unter den Mittagsring und stelle den Zeiger der Rose auf 12h Mittags. Dann drehe die Kugel, bis der Inder die gegebene mittlere Zeit anzeigt; so geben die Grade des Aequators bis zu jenem Punkte, der jetzt unter dem allgemeinen Meridian steht, durch 15 getheilt, die gesuchte Sternzeit an.

7) Jenen Tag eines Jahres anzugeben, an welchem ein Gestirn zu einer gegebenen Stunde aufgeht.

Aufl. 1) Ist das Gestirn ein Fixstern, so bringe man ihn, sobald der Globus nach der Polhöhe des Ortes gestellt ist, an den östlichen Horizont, stelle den Zeiger des Stundenkreises auf die gegebene Stunde, und drehe sodann die

Kugel, bis er Mittag zeigt. Hierauf bemerke man sich jenen Grad der Ekliptik, der alsdann im Meridian ist, und suche endlich den zustimmenden Tag in dem immerwährenden Kalender auf dem Horizont.

2) Ist das Gestirn die Sonne, so nehme man einen beliebigen Deklinationskreis (z. B. einen Kolur), bringe ihn unter den Meridian, stelle den Inder auf Mittag, drehe dann die Kugel, bis er die gegebene Stunde zeigt, und bemerke sich jenen Punkt dieses Deklinationskreises, welcher eben im Horizont liegt. Diesen Punkt führe man nun unter den Mittagsring zurück, und lese auf diesem seine Deklination ab. Hierauf suche man (durch Drehung der Kugel nach Ost und West) jene zwei Punkte der Ekliptik, welche dieselbe Deklination haben, und endlich im Kalender die ihnen entsprechenden Tage.

8) Mittelst der Höhe oder des Azimuth's der Sonne oder eines Sterns die Tageszeit zu bestimmen. 1)

Aufl. Stelle den Globus nach Erforderniß der Polhöhe des Beobachtungsortes, bringe den Ort der Sonne unter den Mittagsring, den Inder des Stundenkreises auf Mittag, und befestige den Höhenquadranten im Zenith der Kugel. Hierauf drehe den Globus, bis der Ort der Sonne oder der Stern die gegebene Höhe oder das gegebene Azimuth hat; so zeigt der Inder des Stundenringes die gesuchte Stunde der Beobachtung an.

9) Die Stunde zu finden, um welche an einem gegebenen Tage die Morgendämmerung beginnt und die Abenddämmerung aufhört.

Aufl. Stelle den Globus nach der Polhöhe des Beobachtungsortes, bringe den Ort der Sonne unter den allgemeinen Meridian, den Stundenzeiger auf 12^h Mittag, und drehe dann die Kugel, bis der Ort der Sonne 18^0 unter dem östlichen oder westlichen Horizont (vgl. §. 9, 4.), oder 72^0 vom Nadir des Beobachtungsortes steht; so weist der Zeiger der Rose die gesuchte Stunde.

(Bequemer wird die Frage beantwortet, wenn man statt des Sonnenortes den ihm diametral gegenüberliegenden [also 6 Zeichen von ihm entfernten] Punkt der Ekliptik nimmt, und die Stunde sucht, in welchem derselbe 18^0 über dem westlichen oder östlichen Horizont sich befindet.)

---

1) Wie sich annähernd die Höhe der Sonne finden läßt, ist pag. 18, Note 2. angegeben. Das Azimuth erhält man auf folgende Art: Man ziehe auf einer horizontalen Platte (vgl. §. 12.) die Mittagslinie, errichte in ihr einen auf die Platte senkrechten Stift; so ist der Winkel, welchen der Schatten des Stiftes zu jeder beliebigen Zeit mit der Mittagslinie macht, dem Azimuth der Sonne für diesen Augenblick gleich.

10) Jenen Tag des Jahres zu finden, an welchem ein Stern a) zugleich mit der Sonne, b) bei Untergang der Sonne aufgeht.

Aufl. Orientire den Globus nach der Polhöhe des Beobachtungsortes, bringe den Stern an den östlichen Horizont und bemerke jenen Grad der Ekliptik, der zugleich mit dem Stern entweder a) am östlichen oder b) am westlichen Horizont steht, und suche im Kalender des Globus die zugehörigen Tage, so ist die Frage beantwortet.

Anm. Das erstere nannten die Alten den kosmischen, das letztere den achronischen (oder akronyktischen) Aufgang eines Sterns. Beiden entgegengesetzt sind der kosmische Untergang eines Sterns, wenn er bei Aufgang der Sonne untergeht, und der achronische Untergang, wenn er mit der Sonne untergeht. Jene Zeit, in welcher ein Stern kurz vor Aufgang der Sonne auf-, und kurz nach Untergang derselben unterging, also kurze Zeit in der Morgen- oder Abenddämmerung gesehen wurde, nannten sie den helischen oder heliakischen Auf- und Untergang des Sterns. — Aus diesen Erscheinungen schloß man, daß die Sonne wieder an demselben Orte des Himmels sei, also einen Umlauf um die Erde vollendet habe.

Corrigenda.

Seite 12	Zeile 7	von oben	ist statt:	letztere	zu lesen:	lettern
„ 31	„ 3	„ unten	„ „	24000	„ „	240000
„ 39	„ 14	„ oben	„ „	ihr	„ „	ihre
„ 45	„ 11	„ „	„ „	auf	„ „	auch
„ 77	„ 1	„ unten	„ „	denen	„ „	dem

Druck von J. P. Himmer in Augsburg.

Kramer, Philipp

Elemente der mathematischen Geographie für den Schul- und Selbst-Unterricht

Augsburg 1857